86-03069/

The Fisheries Research Board of Canada Reports series encompasses studies, symposia, and special reports.

Report No. 1 — "The Way Ahead" Symposium on the 75th Anniversary of the Fisheries Research Board of Canada.

FRB REPORT

The Fisheries Research Board of Canada — Seventy-Five Years of Achievements[1]

W. E. RICKER

Contents

2 ABSTRACT
2 RÉSUMÉ
2 PREFACE
3 INTRODUCTION
4 FAUNA AND FLORA
5 STRUCTURE AND FUNCTION
- Anatomy and development
- Biochemistry
- Physiology

6 SENSES AND BEHAVIOR
7 DISTRIBUTION AND MOVEMENTS OF FISH STOCKS
- Atlantic region
- Pacific region
- Salmon
- Arctic and inland regions

9 FISHERY MANAGEMENT
- Dynamics of fish stocks
- Atlantic region
- Pacific region
- Inland region

13 MARINE MAMMAL MANAGEMENT
13 FISHING GEAR AND TECHNIQUES
14 PARASITES AND DISEASES
15 HANDLING AND STORAGE
- Handling and transferring fish
- Refrigerated and frozen storage
- Transportation and display
- Flavor and spoilage
- Inspection of fish and of processing plants

16 PROCESSING AND PRODUCTS
- Smoking
- Salting and drying
- Canning
- Reduction
- Other processes

18 ARTIFICIAL PROPAGATION AND ENHANCEMENT
- Release of fry
- Pond rearing and supplemental feeding
- Spawning channels
- Hatchery techniques and selective breeding
- Transplantation and acclimatization
- Other measures

20 AQUACULTURE AND LIVE HOLDING
- Fish
- Oysters
- Crustaceans

21 THE AQUATIC ENVIRONMENT — OCEANOGRAPHY AND LIMNOLOGY
- Atlantic region
- Pacific region
- Arctic region
- Estuaries
- Inland region

23 POLLUTION
- Industrial and domestic wastes
- Effects on aquatic animals

24 ACKNOWLEDGMENTS
24 APPENDIX
26 REFERENCES

[1]Reprinted from the *Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1975*, 32(8): 1465-1490.

Abstract

RICKER, W.E. 1975. The Fisheries Research Board of Canada — seventy-five years of achievements. FRB Report No. 2: 1–26.

The idea of having government research supervised by a group of knowledgeable individuals outside of the government service began, in Canada, in the field of aquatic science and fisheries. In 1898 an honorary Board of Management was set up to establish and manage a biological station on the Atlantic coast. As this Board's responsibilities increased it was renamed the Biological Board of Canada, and finally the Fisheries Research Board of Canada. Starting in 1973 the Board ceased to have direct responsibility for the management of research stations, but it continues as an advisory body.

During the period 1898–1972 the Board has provided facilities for original research on aquatic animals and plants and on the waters they inhabit, much of it done by scientists from universities and museums; it has solved many problems faced by governments in locating, evaluating, managing and increasing fish stocks; and it has assisted the fishing industry with improved techniques for catching, handling, processing and marketing its products. The immediately useful results of the Board's work have been made available to the Canadian community through reports, publicity and personal contacts. Details of scientific discoveries have been published in the Board's *Journal* and other outlets, while results of research done in other countries have been sifted and interpreted for their application to the Canadian scene.

Résumé

RICKER, W.E. 1975. The Fisheries Research Board of Canada — seventy-five years of achievements. FRB Report No. 2: 1–26.

L'idée de confier à un groupe d'individus compétents en dehors de la fonction publique la supervision de la recherche gouvernementale prit naissance, au Canada, dans le domaine des sciences aquatiques et des pêches. En 1898, on établissait un office de gestion honoraire chargé de fonder et de gérer une station biologique sur la côte de l'Atlantique. Les responsabilités de cet office allant en s'accroissant, on lui donna le nom d'Office de biologie du Canada et enfin celui d'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. A partir de 1973, l'Office a cessé d'avoir la responsabilité directe de la gestion des stations de recherche, mais il continue comme organisme consultatif.

Durant la période 1898–1972, l'Office fournit les facilités nécessaires à la poursuite de recherches originales sur les animaux et les plantes aquatiques, et les eaux qu'ils habitent, une bonne partie étant effectuée par des scientifiques attachés à des universités ou des musées; il résolut plusieurs problèmes auxquels les gouvernements eurent à faire face en ce qui a trait à la localisation, l'évaluation, la gestion et l'accroissement des stocks de poissons; il a de plus aidé l'industrie des pêches avec des méthodes améliorées de capture, de manutention, de transformation et de commercialisation de ses produits. Les résultats d'intérêt immédiat des travaux de l'Office furent transmis à la communauté canadienne par le biais de rapports, publicité et contacts personnels. Les détails des découvertes scientifiques ont été publiés dans le *Journal* et autres publications de l'Office, alors que les résultats des recherches effectuées dans d'autres pays ont été examinés minutieusement et interprétés en vue de leur application au contexte canadien.

Preface

The concept of managing government research through an honorary board, made up largely of nongovernment scientists, began in Canada in the field of aquatic sciences. In 1898 a Board of Management was set up in fisheries and marine research, which by Act of Parliament became the Biological Research Board of Canada in 1912 and the Fisheries Research Board of Canada in 1937. This concept was adopted by other organizations in Canada and throughout the world in the belief that research management might be best fostered through the counsel of scientists unconnected with government.

On January 1, 1973 the Fisheries Research Board ceased to have direct

responsibility for the management of research and became an advisory body evaluating Canada's effectiveness in fisheries and marine science. This new role for the Board is challenging and some 10 major studies now in progress will be published within the next year.

I think it is important that the achievements of the Board over its 75 years of active research be highlighted. And I am indeed grateful to Dr W. E. Ricker, who has served the Board for many years in various senior positions, for summarizing these accomplishments.

J. R. WEIR
CHAIRMAN

Introduction

IN 1898 a Board of Management, consisting of university biologists and a representative of the Ministry of Marine and Fisheries, was established to construct and manage a moveable Biological Station that the Government of Canada had authorized for the Atlantic coast. In 1904 it also assumed partial responsibility for a freshwater Station at Go Home Bay on an island in Georgian Bay, Ontario. In 1908 it was decided that the Atlantic Station should be established permanently at St. Andrews, New Brunswick, and in the same year a Station was founded at Nanaimo, British Columbia. In 1912 the Board of Management became the Biological Board of Canada, operating under a special Act of Parliament. It continued to manage the two marine stations, but the Georgian Bay Station became inactive after 1913. In 1924 the Board's membership was broadened to include representatives of the fishing industry and a wider spectrum of academic expertise, and two Technological Stations were established, at Halifax, Nova Scotia and Prince Rupert, British Columbia. In 1937 the Board's name was changed to the Fisheries Research Board of Canada, and has remained so ever since. In 1973, however, it became an Advisory Board, and direct management of the Stations was assumed by the Fisheries and Marine Service of the Department of the Environment. Meantime several new stations and field laboratories had been founded, moved, or discontinued, and the Fisheries Laboratory of the Government of Newfoundland was incorporated into the system in 1949. A list of stations and laboratories is given in an Appendix.

Throughout the 75 years considered here the Board's operations have served two main functions: (1) to provide facilities for original research on aquatic animals and plants, and (2) to solve problems faced by governments in fishery management, and by the fishing industry in catching, processing, and marketing their products. The year 1925 is a convenient division point when emphasis shifted from the first of these objectives to the second, although there was no sudden change: practical problems were studied from the very first years of operation, and much exploratory research continues; many projects, indeed, serve both functions. For the most part the undirected research was performed by volunteer investigators, usually from universities or museums, while more practical problems have been handled mainly by Board employees. But here too there is no sharp distinction; for example, during the first decade Prof A. P. Knight undertook and solved several practical management problems, and studies of fish products and processing began as early as 1915. What follows is a brief record of some of the more important results of the Board's efforts from 1898 through 1972, including investigations begun during that period but completed somewhat later.

Research work, which investigates the unknown, must by its nature leave behind it many hypotheses disproved, many promising leads that did not pan out. These cannot be regarded as mistakes or failures, because they all add to knowledge, and some have averted costly commitments in unprofitable directions. However, it is natural to dwell on the inspirations that have succeeded, and while negative results are not entirely ignored, this account is frankly biased in favor of success.

Much of the work of the Board was done with the cooperation and support of other sectors of the Department of Fisheries and Department of the Environment, particularly Resource Development, Conservation and Protection, Statistics, Inspection, Industrial Development and Marine Sciences, as well as facets of several other Ministries. Also, some investigations have been made in cooperation with the fisheries administrations of one or more of the Provinces, international fisheries commissions, or the fishing industry.

The results of the Board's work have been communicated to those interested by personal contacts, committee work, demonstrations, memoranda, newspaper publicity, popular brochures and bulletins, manuscript reports, and scientific publications. About half of the printed output has been in the Board's own publications, the rest in outside magazines, books, and journals. Both types are listed in two comprehensive indexes (Carter 1968, 1973). Material published by the Board has included a scientific Journal containing research results, Technical Reports for data records and matters of restricted interest, and popular or scientific Bulletins summarizing work done in a particular field. Two series of Progress Reports and several series of Circulars have been used to bring results quickly to public notice. There are also three series of Manuscript Reports, and a Translations Series containing more than 3000 important foreign works translated either by Board staff or by others. The Board's primary publications have been open to manuscripts from authors anywhere in Canada or abroad who work with aquatic organisms or their environments, including fields in which the Board itself has not been active — for example, fishery economics.

For reasons of space, names of scientists have usually been omitted in what follows, and the names of Stations are used only sparingly. Exceptions are individuals who have written comprehensive monographs, and a number of retired or deceased investigators whose names are prominently associated with some particular field of enquiry.

Fauna and Flora

Collecting and identifying Canadian aquatic animals and plants began in the 19th century or even earlier, but such work received an impetus when the Board's Biological Stations were established. At each of the five sites where the peripatetic Atlantic laboratory was located a strong effort was made to obtain as many kinds of organisms as possible, including of course the fish. The same was true of the Go Home Bay Station during 1901–13, and of the Pacific and Atlantic Biological Stations from 1908 onward. New areas were brought under study during the Hudson Bay expeditions of 1920 and 1930, the investigations of prairie lakes and waters of the National Parks during the 1920s, Newfoundland waters from the Bay Bulls laboratory starting in 1930, arctic and subarctic lakes and rivers in 1944–45 and again more recently, and arctic marine waters starting in 1947.

Although there is now information concerning all the groups of animals and plants of our three oceans and the inland waters, we are still far from having a complete catalog of Canadian aquatic life. Even the fishes are incompletely known; new records for our area turn up almost every year, and as recently as 1967 a new species of rockfish was described that exists in commercial quantities off the Pacific coast. Recently the traditional tools of classification have been increased by several biochemical tests (blood and muscle proteins, enzymes, and isozymes) that supplement the morphological characters used to separate species, varieties, and individual stocks.

Studies conducted at the Board's Stations have contributed substantially to a number of compendia and monographs of particular groups. The Board in fact projected two "Fauna" series of publications, one for each coast, that were intended eventually to include the whole of the animal kingdom. Although this proved to be too ambitious a project, the treatment of Pacific polychaete worms by E. and C. Berkeley is still a standard guide to that group. The hydroids of both coasts and of the arctic have been described exhaustively in three monographs and many papers by C. McLean Fraser. Molluscs too have been a favorite object of study, especially at the Pacific station: its first Director, the Reverend G. W. Taylor, had a fine collection, and several subsequent investigators have greatly extended his work. There are now handbooks of edible molluscs, intertidal bivalves, and marine borers, all by D. B. Quayle. Shrimps, crabs and other crustaceans have been intensively studied, so that the kinds that occur in all our oceans are known rather well. There is a monograph of the arctic sea stars. Other marine invertebrate groups have received varying amounts of study; none has been completely ignored. Finally, there are comprehensive treatments of the seaweeds of both the east and the west coast.

In fresh waters, E. M. Walker's summers on Georgian Bay and at both the Nanaimo and St. Andrews Stations contributed to his monographs of the dragonfly genera *Aeshna* and *Somatochlora*, and eventually to the three-volume Odonata of Canada. No other Order of insects had been treated so fully, although major contributions to the classification and distribution of Canadian midges, phantom midges, caddis flies, mayflies, and stoneflies have appeared, also molluscs, crayfish, water mites, and other groups.

The Board's major concern, however, has always been our fish resources. Its collaborators and employees have contributed importantly to fish systematics and distribution, and it has published several distributional monographs that now

cover almost the whole of the country. The first of these concerned the fishes of the Pacific coast, by W. A. Clemens and G. V. Wilby (1946 and 1961), later superseded by J. L. Hart's Pacific fishes (1973). For the Atlantic the first comprehensive publication was by A. H. Leim and W. B. Scott in 1966, although the marine fishes of Nova Scotia had been treated in 1935 by V. D. Vladykov and R. A. McKenzie. Authoritative popular handbooks of the freshwater fishes of British Columbia have been prepared by J. R. Dymond in 1932 (game fishes only), and by G. C. Carl and collaborators (1948–59), the latter published by the Provincial Museum of British Columbia. A monograph of northwestern freshwater fishes by J. D. McPhail and C. C. Lindsey appeared in 1970. In eastern Canada the Board's freshwater work contributed to several local studies, while a comprehensive account of the freshwater fishes of the whole of Canada was published by W. B. Scott and E. J. Crossman in 1973. In the arctic, the fishes of Hudson Bay were described by Dymond and Vladykov in 1933, and a comprehensive treatment of the arctic marine fishes is under way. A book review in Nature (November 1974) compliments the Fisheries Research Board for its most creditable publishing record on fish and fisheries, and states: "By commissioning a series of excellent publications on the fishes of the major geographical regions of Canada, published in its Bulletin series, it has made the Canadian fish fauna the best documented in the world."

Structure and Function

The professors and students who came to the early biological stations included investigators of all the principal biological disciplines. Sometimes they merely brought to the seaside a research project that had engaged them at home, but usually they took advantage of the living material available in the surrounding waters, and quite often their work would be focused on species of economic importance.

Anatomy and Development

A few detailed anatomical and histological studies have been done at the Stations, for example on the pancreas of the skate, the thyroid gland of salmon, the digestive tract of the Atlantic oyster, or the musculature of a Pacific shrimp. One of the most interesting discoveries, due to A. A. Berkeley, was the fact that shrimps change sex: they mature in their second year as males, and in their third year become functional females. Similarly the maturation, spawning, egg and larval development of herring, goldeye, salmon, lobsters, crabs, various molluscs, and other animals have been described by H. I. Battle and many other investigators.

Comparative anatomical studies have been useful in identifying stocks: for example, the counts of the number of scales or vertebrae in trout, cod, haddock, herring, and pilchards made by a number of investigators, and V. D. Vladykov's monograph of the skulls and caudal skeleton of Pacific salmon. So too the number of eggs and the size of the eggs in salmon have been shown to vary not only in relation to the size of the fish, but also between stocks independently of size.

Biochemistry

The fascinating variety of form and structure observed in aquatic animals is matched by an equally fascinating diversity of chemical composition. Many contributions to "biochemical anatomy" have come from the Board's establishments, for example a systematic study of the sterols in major marine Phyla. A similar study of steroid hormones in fish resulted in the isolation of a hitherto unknown blood steroid, 11-ketotestosterone. The principal basis of marine life is phytoplankton and seaweeds, and these have recently been made the subject of intensive biochemical study.

Nor is comparative biochemistry without its practical aspects. The steroid hormone mentioned above has been found effective in promoting the growth of cultured fish. Various enzymes, tissue proteins, hemoglobins, and other substances have been used to distinguish closely related species of fish, or different stocks within the same species. Similarly biochemical tests can distinguish cod fillets from haddock, or turbot from halibut, much more certainly than it can be done by taste and much more easily than by microscopic examination. Other studies have identified enzymes and substrates that produce compounds having unpleasant odors after the fish is killed, which can guide a search for effective preservatives.

Physiology

Physiological work too has great intrinsic and comparative interest, as well as practical importance. In the early days several investigators worked with the production and action of insulin in fish, which provided part of the background leading to its clinical use in man. However, the work in physiology done at Board establishments has been mainly in the fields of nutrition, energetics and tolerances.

Conditions of temperature, salinity, food supply, etc., have been studied that make possible fastest growth consistent with economical utilization of food, particularly for salmon and trout. Different diets and additives have also been tested; for example, it was found that addition of androgens increases growth of salmon.

The swimming ability of anadromous fishes has been of special importance in relation to their chances of surmounting natural or artificial obstructions in a river. Experiments have determined the maximum swimming speeds of several species of salmon and steelhead trout at different temperatures, both in short bursts and at a sustainable rate. Not only species, but different stocks of the same species, were found to differ in this respect.

Another aspect of the migrations of salmon and trout investigated by the Board is their energy expenditure during the long weeks or months of the journey upriver. During the 1920s it was found that stocks of salmon from tributaries near the sea are useless for transplantation upriver, and 30 years later it was confirmed that they lack the energy reserves necessary for long migrations. Similarly, sexual maturation is keyed to the normal migration time, and unusual delays can be harmful. Each major tributary of a large river has its own group of genetically distinct stocks, distinguished by a different range of morphological characteristics and of physiological performance. At the Vancouver Laboratory difference in swimming performance has been related to a particular genetic allele in the steelhead trout. Swimming speeds and endurance of groundfish have also been determined, in relation to the pattern of their avoidance or capture by a moving trawl net.

Knowledge of the tolerance of adult or larval animals to different combinations of environmental factors can help to explain year-to-year variations in reproduction. Thus, the success of hatching and of fry survival in Pacific herring and several groundfishes has been determined for combinations of temperature, salinity, and oxygen content of the water. Similar work with adult lobsters at St. Andrews has indicated the range of variation in these factors consistent with successful live holding.

Senses and Behavior

Fish have all the same senses as man, and apparently one or two extra. Their vision is not the best because their eyes do not have very good resolution, but every angler knows that they can see what goes on both in the water and in the air above. The underwater vision is sensitive at low light intensities, and at Nanaimo advantage was taken of this fact to design a system of moving cables to guide salmon smolts into a bypass away from dangerous turbines.

Most fish have good hearing, and the sensitivity spectrum for cod has been measured in detail. Trials at the St. Andrews Station showed that the noises made by a trawler and by the trawl itself can be detected by cod in a mile or more away. Fortunately, this does not scare them off — in fact, rather the reverse. The behavior of fish at the mouth of a moving trawl was studied using special photographic equipment. Fish may also produce their own sounds; for example, in the course of their reproductive behavior cod and haddock make loud sounds produced by drumming muscles attached to the swim bladder.

It is in their sense of smell, however, that fish really excel: they detect and react to dissolved substances in extremely minute concentrations. It was found that less than one part per billion of the amino acid L-serine, found in mammalian skin, is detected and avoided by migrating salmon, so that simply putting a hand in the water at the head of a fish ladder will cause the fish to turn back. Nor was detection of this scent impaired by large doses of odorous mixtures such as pulpmill effluent.

During the first three decades of this century there was an acute controversy about a salmon's ability to return to its native stream. There was great reluctance to credit the fish with such (as it seemed) impossible behavior, even though populations of salmon spawning in different rivers and even in different tributaries were in many cases found to be quite distinctive morphologically. However, the fact of homing has been established by numerous marking experiments done by the Board and others on both Atlantic and Pacific salmon. There is of course always some straying, varying from less than 1% for sockeye to 10% or more for pink salmon. At the other extreme, A. A. Blair observed an Atlantic salmon that returned to the same identical redd on two successive occasions.

Proponents of homing had long suspected that the sense of smell was involved, and the first experiment to test this was performed in 1925 by E. H. Craigie. He found that normal sockeye tagged in Seymour Narrows reached the Fraser River region 2.6 times as frequently as those with severed olfactory nerves, while 4 times as many were recaptured upriver beyond New Westminster. More recent work has confirmed the role of smell, and has shown that the odor of the home stream is detected and remembered by salmon all

through their marine life, so that they choose it on their return to fresh water. The correct time of migration, however, has been found to be mainly an hereditary characteristic so that, for example, where both an early and a late run of salmon occur in the same river system, the progeny of early fish are found to return early in the season, and late-run spawners produce late-run progeny. Even transplantation to a new environment at the egg stage changes this timing very little if at all.

However, a salmon needs more than a good sense of smell to get out to sea a thousand miles or so and then back to where it was born. Board studies on sockeye leaving lakes showed that they orient themselves by reference to the sun or the polarization of the clear sky when it is in view, but switch to an as yet unidentified mechanism in cloudy weather or when swimming at a depth. The same senses may be used in navigation on the high seas.

Another aspect of behavior is the interaction between individuals, which makes fish of some species defend territories, while others assemble in schools. Studies of both have helped to define the carrying capacity of rivers and lakes for desirable species. Changes in behavior are of particular interest; for example, the onset of "smoltification" — changes in morphology and behavior that occur when a young salmon goes to sea — has been advanced by using an artificial regime of change in day length, which can improve the survival of pond-reared salmon after release.

Distribution and Movements of Fish Stocks

For animals of actual or potential commercial importance, it is desirable to learn what exactly is their distribution by area and by depth at different times of year; in particular, where and when they occur in usable concentrations. In the traditional fisheries for species such as cod and salmon this information was well known to fishermen, at least in relation to standard types of gear. But as markets for previously unused species opened up, and as larger vessels and new gear became available, there was need for systematic information on the abundance and catchability of potentially valuable species over the whole expanse of our oceans and fresh waters.

Atlantic Region

While the Biological Stations have engaged in exploration for fish from the very beginning, there has also been a series of special efforts. The Canadian Fisheries Expedition of 1914–15, manned jointly by Norwegian and Canadian scientists, worked mainly in the Gulf of St. Lawrence, mapping stocks of herring and making extensive oceanographic observations and plankton collections. It had been planned to cover a much wider area, but the work was cut short by the First World War. However, the utilization of herring lagged, and from 1944 to 1950 another intensive study of the Gulf and adjacent waters was undertaken by Canada, Newfoundland, Quebec, and the Maritime Provinces, with headquarters at the St. Andrews Station. This revealed the seasonal distribution of certain stocks and suggested methods of exploitation that could take advantage of them. Later it was found that large numbers of herring that spawn in the southern Gulf of St. Lawrence move to southwestern Newfoundland in winter, where they supported a major fishery.

During the 1930s the Newfoundland Laboratory used a chartered trawler to explore the banks and channels in the vicinity of the island. It located several large populations of American plaice and haddock along the southern Grand Bank. Detailed mapping of the distribution of marine fishes became a major part of the Board's work as soon as suitable vessels became available after 1946, part of it being done in cooperation with the Industrial Development Service. Major discoveries by W. Templeman and colleagues include stocks of redfish in deep water all around Newfoundland, cod in deep water off Labrador, Greenland halibut and roundnosed grenadiers off Labrador and Baffin Island, redfish living pelagically beyond the continental shelf and north to Greenland, capelin on the southern Grand Bank and in Trinity Bay, and local stocks of witch flounder, Greenland halibut, and others. Most of this work was done with trawls, but it was also demonstrated that good quantities of large cod could be caught by longlining some distance off the Newfoundland coast, where they were concentrated along a deep temperature boundary. Among invertebrates, stocks of scallops, bar clams, shrimps, snow crabs, and red crabs have been revealed by exploration.

For most species, especially cod, haddock, and herring, the regions inhabited by semidiscrete stocks have been delimited by tagging, as have their seasonal movements, particularly into and out of the Gulf of St. Lawrence. Of particular interest for management was the discovery that in some cases the same stock of cod or herring was being fished in two different places, so that the rate of utilization was greater than had been supposed.

Pacific Region

On the Pacific coast similar explorations have been made. Stocks of Pacific cod and several flatfishes were distinguished, mainly at shallow to moderate depths, and the spawning migrations of these fish were revealed by tagging programs. In deeper waters, the distribution of ocean perch and other rockfishes near the edge of the continental shelf has been mapped from western Alaska to Oregon, but particularly in Queen Charlotte Sound and Hecate Strait. The potential annual yield of ocean perch from these latter areas is estimated to be greater than the total catch of groundfish taken by Canadians off British Columbia in 1972. Usable stocks of shrimp have been located in several areas, which should support a fishery of probably 5 times the present, and there are promising results of explorations for the larger "prawns" in mainland inlets.

Salmon

In both the Atlantic and the Pacific oceans the distribution and migration of salmon have been a complex and an exciting field of research. Up to the 1920s salmon were generally considered to be coastal species. Some said that they rarely left the region where the influence of their native river was dominant. On the Pacific this extreme view became untenable after 1926, when tagging experiments directed by C. H. Williamson showed that chinook salmon bound for the Columbia and Sacramento rivers occurred in large numbers all along the British Columbia coast. A decade later Japanese fishermen found three species of salmon in commercial quantities all the way from Hokkaido to the eastern Aleutian Islands and into the Bering Sea. The Japanese fishery was interrupted by the war, but it was resumed on a large scale shortly afterward within the structure of a treaty that limited its activity to waters west of 175°W long. This "abstention principle" was meant to protect fully exploited North American stocks of salmon (as well as halibut and herring), but there was provision for annual review under the auspices of the newly formed International North Pacific Fisheries Commission. Since the line of division was subject to negotiation, it became necessary to learn exactly where salmon of the different stocks of five species spent their time while out at sea. Scale characteristics and morphometry were of some value, and salmon were tagged at sea and recaptured in coastal fisheries or in fresh water. However, the most revealing evidence came from a discovery by the Nanaimo Station that there were a few parasites peculiar to Asiatic and American salmon, respectively. This made is possible to identify the continent of origin of some fish positively, and in the case of one parasite even a particular river system. Today it is known that the ocean distributions of Canadian sockeye and chum salmon overlap to some extent with the same species from Kamchatka. Considering Asian and North American stocks together, five species of *Oncorhynchus*, plus the steelhead trout, can be taken right across the Pacific south to a temperature boundary at about 14 C.

A perennial problem that became more acute during the 1960s is the interception of Canadian salmon by United States fisheries, and vice versa. Tagging and marking studies have provided the factual basis for the difficult negotiations in which Canada seeks to minimize such interceptions and to ensure an even exchange with the unavoidable remainder.

For Atlantic salmon a similar picture emerged during the 1960s when a major fishery developed off west Greenland, beginning in coastal waters and then extending to the high seas. Again tagging, of smolts in this case, showed that salmon of two continents were intermingled, and more recently good estimates of the proportions of Canadian and European fish taken have been made each year using biochemical characters. A special feature is the fact that only the salmon that spend two or more winters in salt water are taken by this fishery; salmon that return to the river after only one winter apparently do not move so far north. This meant that the reduction in the relative abundance of large salmon in our rivers was greatly accelerated. Representations based on this kind of information have been successful in reducing the number of salmon taken pelagically, and ICNAF agreements call for cessation of the high-seas fishery by 1976.

Arctic and Inland Regions

In 1920 and again in 1930 expeditions were sent to Hudson Bay to find whether it contained commercial concentrations of food fish, and if not, why not. None were found, unfortunately, because in spite of its comparatively southern latitude the Bay becomes cold enough in winter to freeze the blood of ordinary marine fishes. The useful fish in the Bay are brook trout, arctic char, and ciscoes which can retreat into rivers each winter, and a considerable population of capelin.

In 1947 the *Calanus* series of expeditions to the eastern arctic began. They were named for the research vessel built specially for the job, which in turn was named for a copepod that is a basic food of many marine fishes. Collections of fishes and invertebrates were obtained, oceanographic observations were made, and seals and walrus were studied around Baffin Island and in northern Hudson Bay. This work has been con-

tinued by the Arctic Biological Station, which later undertook similar studies in the western arctic. Both the eastern and western approaches to the arctic receive enough water from the adjacent oceans that a number of cold-tolerant flounders and cods can exist in populations of moderate size. In the inshore waters of Coronation Gulf as many as four species of cod occur, generally maintaining separate habitat areas characterized by differences of temperature and salinity. However, throughout the arctic the char is the species preferred both by local residents and by visitors.

In inland waters less exploration was necessary, and in any event freshwater fishes are under provincial jurisdiction in most Provinces. However, after World War II the Board sponsored a 2-year study of the large northern lakes and rivers to assess their fishery potential. Great Slave Lake proved to have large stocks and good productivity, so a commercial fishery was established that now yields about 5 million pounds a year. Other waters were much less productive, but some are now being fished. Twenty years later a series of somewhat smaller and more northern lakes were surveyed over several summers, and a special productivity study was made of a small lake on Victoria Island.

Fishery Management

Dynamics of Fish Stocks

A major aspect of the Board's work over the years has been investigations to support or to improve the management of our fisheries. Ideally, this includes estimating the size of each stock, the fraction of it that is taken each year by Canada and by other nations, its rate of replenishment from growth and from new recruits, effects of utilization on the age and size of fish caught, variations in recruitment from year to year, and forecasts of abundance and of catches in the case of stocks that fluctuate rapidly. When fishing becomes intensive it is necessary to consider also the interaction between different stocks and different species — either as competitors for food or a predator and prey. A further problem is to know how many adult fish are needed to obtain adequate recruitment, averaging out the years of favorable and unfavorable environmental conditions. To all of these aspects of population dynamics Board scientists have made major contributions.

In 1918 A. G. Huntsman demonstrated quantitatively how fishing reduces the average age and size of fish in a population and, if recruitment remains the same, also the abundance of the stock. Although he had been anticipated by a Russian scientist 2 years earlier, Dr Huntsman's was the first description in a western language of the "fishing-up effect" that provides the key to understanding the historical development of most fisheries. Large initial catches and excellent fishing success persist while the accumulated stock of old fish is being fished up. When it is gone the fishery must depend on current additions, and the size of these annual recruitments then assumes major importance. Not only that, but whenever overfishing has occurred, the process of restoration of an older age structure requires that catch per unit recruitment must be less than the sustainable level for a number of years after the optimum rate of exploitation is achieved — and this is always a painful process.

As if this were not enough, a Board scientist later discovered that, quite apart from the fishing-up effect, during the later part of a period of increasing rate of fishing the catches available at any rate of exploitation, or from any given number of adult spawners, are greater than with stable or decreasing fishing, and particularly so when stocks having different natural productivities are fished in common. These effects are most evident if the fish are caught only in their final year of life, and they explain the apparent reduction in productivity of many runs of Pacific salmon.

The number of recruits added to a commercial stock each year depends partly on climatic conditions in the water at time of spawning and during early life. Progress has been made in identifying conditions favorable for each species, and hence making predictions of future catches, but much remains to be done. The other factor controlling the number of recruits each year is the size of the spawning stock. The Board's investigations have shown a variety of recruitment patterns, including the discovery that at intermediate stock sizes the absolute number of recruits can be much greater than when spawners are either abundant or scarce. This explains why the fishing-up effect of the previous paragraph is sometimes smothered out — as the older stock is reduced, there is a compensating increase in the number of recruits. However, this pattern does not always occur, and in any event there must be a limit to it. If a spawning stock is reduced too much, the result is too few recruits, which at different places and time has happened in various stocks of salmon, herring, pilchards, and groundfishes. To obtain maximum yield from whatever recruits are available, the corresponding best minimum size and best rate of fishing are determined by the balance between growth rate and natural mortality rate in the stock, and used as a guide for mesh-size regulations.

In order to make such analyses, it was first necessary to assemble information on growth, mortality, and rate of fishing in a number of stocks — not an easy task when the fish are out of sight for most of their lives. Methods of estimating growth rate were under active development during the first two decades of the century, and a Canadian contribution was C. McLean Fraser's modification of proportionality calculations from scale annuli to allow for an initial interval before the scale was formed. Methods of censusing fish populations were developed or adapted for use in Canada by D. B. DeLury and others, particularly the "change-in-fishing-success" and "mark-and-recapture" methods. Widespread tagging of cod, haddock, herring, and the various flatfishes and salmons has provided information on the abundance of major stocks, though much care has been needed to adjust for incomplete reporting and numerous other systematic errors. A general review of problems and techniques in fish population dynamics, published by the Board, has become a textbook on the subject throughout the world.

Atlantic Region

Although our eastern groundfish, particularly cod, have been the object of international exploitation for several centuries, it is only in the last 25 years that this has become intensive enough to require conservation regulations. In 1950 the International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries (ICNAF) was established. Canada played a prominent role in this, and the first headquarters of the Commission was at the Board's St. Andrews Station. The Commission has brought together the statistics and research results of all the nations that fish in the region from west Greenland to the eastern United States, it has increased mesh sizes of the nets used in order to release small fish, and it recently established national quotas. However, groundfish research by Canada and Newfoundland began much earlier, in the 1920s and 1930s. Much of it was exploratory in nature, as described previously, but the age structure, growth, and movements of a number of stocks were determined at that time.

Cod continues to be the major food fish taken off our eastern coast. Some 12 principal stocks have been identified, based on many years of biological sampling and tag returns. Haddock, pollock, redfish, and the various hakes and flatfishes have been similarly studied. In all, 59 fish stocks, including 18 species of all ecological types, now have international quotas set by ICNAF. All quotas and other regulations are reviewed every year, requiring a major input from research activities on which to base a suitable figure.

Species such as the haddock off Newfoundland and Nova Scotia, and the redfish in the Gulf of St. Lawrence, reproduce well only in occasional years and the Board's surveys make it possible to predict periods of abundance and scarcity in the fishery. Similar but less extreme fluctuations affect other species. Board surveys also made it possible to forecast the progress of the "fishing-up effect" mentioned earlier, with its inevitable decrease in average size of the fish caught, so that the industry could make necessary adjustments in processing and packaging.

The rapid expansion of the Atlantic herring fisheries since 1960 has created special management problems. Canadian Atlantic herring catches increased from less than 100,000 tons in the late 1950s to more than 500,000 tons in the mid-1960s. Management was then complicated by the entry of foreign nations, so that total removals from herring stocks in the whole of the northwest Atlantic were close to a million tons in 1968 and 1969, and then declined to around 500,000 tons. Temporarily large removals are of course characteristic of a fishing-up period, but recent recruitments have been disappointing and there is a great danger that spawning stocks have become too small to provide adequate reproduction. Most herring stocks are now under quota control designed to rebuild them to optimum levels. There have also been qualitative changes. Recent large concentrations of herring off southwestern Newfoundland have been mainly of the autumn-spawning variety hatched in the southern Gulf of St. Lawrence, which perform annual migrations into and out of the Gulf. During the 1940s herring in the same region were mostly from local spring-spawning stocks. The present (1972) stocks consist mainly of the dominant year-class spawned in the fall of 1958 and spring of 1959, whose success may be related to the vacuum left when Gulf herring were reduced by a fungus disease during 1954–56.

Atlantic salmon have always been a small, though valuable, part of the eastern commercial fishery, and a major prize for sportsmen. Marking experiments on the Little Codroy, Miramichi, and Petitcodiac rivers showed that the rate of commercial utilization of salmon larger than grilse was 75% or more even before the Greenland fishery began, while anglers might take 50% or so of the remainder. Other studies have defined the number of spawners needed in major streams, and their carrying capacity for parr and for presmolts, while electrofishing methods were developed for ascertaining the actual number pres-

ent. These are now in routine use: for example, to assess the effects of pollution, or the tempo of recovery from overfishing. Somewhat earlier, experiments were performed with artificial freshets to bring salmon into small rivers for summer angling, but results were marginal and scarcely justified the costs.

Board scientists played a major role in the development of fisheries for large pelagic fishes off the east coast. Surveys indicated that swordfish stocks were underexploited, and the demonstration of new harvesting techniques and new areas of distribution contributed to a quadrupling of the swordfish harvest from the 1950s to the 1960s. Unfortunately, this fishery has been abandoned, at least temporarily, because of a natural mercury content of the flesh that is above present acceptable tolerance levels. Evidence was also obtained on the abundance and seasonal distribution of bluefin tuna and skipjack off eastern North America. This led to the development of a sport fishery in the Gulf of St. Lawrence, and to a commercial tuna fishery based in New Brunswick which is now mainly pursued in the eastern tropical Pacific and off the west coast of Africa.

The lobster fishery is characterized by many local stocks inshore, all intensively exploited using baited "pots," as well as a more scattered population in deep water. The Board's first management-oriented work with lobsters was to establish the best minimum size for maximum economic return in different areas, and to specify the lath spacing on the pots that would permit most of the "shorts" to escape. This meant getting estimates of the rate of growth and natural mortality rate, for which ingenious tagging methods were evolved. Another problem is that of mechanical raking for Irish moss (a seaweed), which was shown to kill an appreciable number of lobsters. Recently the snow crab and the red crab have become economically marketable, and they present a set of problems somewhat similar to those for lobsters.

Other commercial invertebrates occur offshore and present management problems similar to fishes, including international regulation. For the scallops of the Bay of Fundy and Georges Bank, oceanographic and biological studies have explained year-class variability and established data for regulations. In Newfoundland the squid is a valuable bait species, but is subject to extreme fluctuations in availability from year to year. Exploratory fishing on the Grand Bank can be used to forecast abundance 2 months in advance, and methods of capture less labor-intensive than the traditional jigging have been demonstrated.

Many other eastern fisheries and fisheries have been studied by the Board, with resulting improvement in management techniques: for example smelt, shad, alewives, eels, hake, cusk, witch and winter flounders. One general management problem is that more and more we are "fishing down the food chain" — that is, taking large quantities of small abundant species like capelin and herring which are a major food supply for larger animals such as cod and harp seals. Soon it will be necessary to set priorities, and this will require both biological information and politico-economic decisions.

Pacific Region

The Pacific fisheries of Canada have been dominated by the five kinds of salmon, halibut, and herring. Recently other species have been increasing in importance, but the narrowness of the western continental shelf means that groundfish and crustaceans can never assume the dominant position they have in eastern Canada. Studies on the growth, migrations, etc. of salmon and halibut were begun during the first years of the Pacific Biological Station by J. P. McMurrich and A. Willey, and herring studies were instituted by C. McLean Fraser; however, the halibut investigations were turned over first to the Provincial Government and in 1923 to the International Fisheries (Halibut) Commission. Work on salmon and herring continued without interruption by Dr Fraser and others, while other species were soon added; for example lingcod, rockfishes, chabs, clams, kelp, and sea lions. Both for salmon and for herring the basic management problem has been to know how many spawners are needed to produce a maximum harvest — which is a different thing from maximum recruitment, although at first this was not realized.

During the 1920s and 1930s Board work with Pacific salmon was mostly concerned with migration, artificial propagation, and enhancement of stocks, as described elsewhere. However, a special study of the Cowichan River system by Ferris Neave and others provided data for management of its trout and salmon populations. Another important study was the systematic sampling and reporting of the size and age compositions of sockeye salmon in the major fisheries, year by year. This series, begun for the Provincial Government in 1914 by C. H. Gilbert and continued after 1924 by W. A. and L. S. Clemens at Nanaimo, has been indispensable for interpreting changes in the sockeye fisheries and in the fish themselves, and for setting present rates of utilization.

During the postwar period the Board mounted

a major investigation of salmon production in the Skeena River system and less intensive work in other watersheds, except that since 1938 the International Pacific Salmon Fisheries Commission has had the responsibility for studying the sockeye, and later the pink salmon, of the Fraser River. Additional marking and tagging experiments were done at various locations, both in fresh and in salt water, to further define migration routes and to estimate rates of utilization, which are the basis of present management policy. A crisis interlude occurred in 1951 and 1952, when a rock slide on the Babine River obstructed the migration of most of the sockeye in the Skeena system. Cooperative investigations with the Fisheries Service revealed the extent of the damage and the means for remedying it. A little later, studies of young sockeye and limnological work at Babine Lake showed that most of the numerous fry produced in its outlet river did not move into the main body of the lake, which accordingly had a sparse sockeye population and a large surplus of plankton food. This led to the construction of two large spawning channels that have greatly increased smolt production from the lake and subsequent commercial catches.

The problem of dominance, or extreme differences in the size of successive generation lines of some sockeye salmon runs, is of great scientific and practical interest, and Board scientists were the first to suggest reasonable explanations for the phenomenon. In the case of Fraser River sockeye it involved a predator–prey interaction between young salmon and trout, and this now has support from studies done by the Salmon Commission at Shuswap Lake. On the Skeena and most other rivers there are two important ages of maturity for sockeye, which complicates any interaction and makes extreme dominance unlikely.

Next to halibut the Pacific cod is the major groundfish species used in British Columbia. As compared with more northern stocks, our fish grow fast and have a rather short life span, and substantial fluctuations in year-class strength make for a fluctuating fishery. Recently a technique of reading the scales was developed making it easier to assess the condition of the stocks. Other groundfish have also been studied in greater or less detail, and the results used for setting fishing seasons, quotas, closed areas, and trawl mesh regulations. Management of Dungeness crabs had had considerable attention, and the fact that the males are much larger than the females has made it a much easier task to set and enforce a useful size limit than in the case of lobsters.

Herring research was first concerned with their age structure and its change as the fishery developed. The numerous stock units along the British columbia coast were distinguished and mapped during the 1930s and 1940s from morphometric characters, and tagging later provided an estimate of the interchange between these units. Life-history studies during the 1950s showed that the abundance or "strength" of each brood is established during the highly vulnerable egg and larval stages, demonstrating the need to preserve the quality both of the shoreline and of the inshore waters. Pacific herring, unlike those of the Atlantic, spawn near the low tide mark, so that a semiquantitative estimate could be developed of the amount of spawn produced each year, and hence of the number of spawners. From this and from the age structure of the catch, the Nanaimo Station makes annual estimates of the supplies that will be available to the fishery. This made it possible to recommend the relaxation of restrictions on the reduction of herring in the 1930s, because ample supplies were then available. Unfortunately, Board plans to ascertain the optimum rate of utilization by intensively fishing a limited area were twice "shot down," so that when continued improvements in the efficiency of fishing eventually resulted in overexploitation during a period of poor fry survival, almost the whole coast was affected, and several years of closure were necessary to bring the stocks back to a reasonable level. During the 1960s the major offshore feeding grounds of herring were located by midwanter trawling and sensitive echo sounders. These were mainly within 50 miles of the coast, and it proved possible to protect them from most foreign fishing through international negotiations.

Inland Region

In 1906 the Station at Go-Home Bay first addressed itself to problems of the exploitation and management of freshwater fisheries. Studies were made on the sizes of trout and whitefish taken in gillnets, and the fate of fish caught and released — stimulated by the problem of capture of small trout in whitefish nets. After this Station closed, the Board during the 1920s continued to support studies of the ciscoes, whitefish, and other species in the Great Lakes, in cooperation with the Ontario Fisheries Research Laboratory. Studies of prairie lakes were made from a Biological Station located at Gimli on Lake Winnipeg in 1929 and 1930. Other management studies were conducted on trout lakes of Jasper National Park by A. Bajkov and F. Neave, in the Kamloops region of British Columbia by C. McC. Mottley

and D. S. Rawson, and on lakes and ponds of New Brunswick and Prince Edward Island by M. W. Smith. These showed that major factors limiting trout production can be either predators (eels, fish-eating birds), or competitors (minnows), or the large old trout themselves.

After the Second World War the new Winnipeg station worked with freshwater management problems, particularly the new fishery on Great Slave Lake, where annual sampling for size, growth, catch, and fishing effort provided the basis for annual quotas of lake trout and whitefish. Less detailed studies provided a scientific basis for managing Great Bear, Tathlina, Kakisa, and other lakes in the Northwest Territories, and contributed to provincial management practices on lakes Winnipeg and Manitoba. A study of the goldeye through most of its Canadian range revealed its peculiar life history, notably that it has floating eggs, which are unusual among freshwater fishes. These studies in turn contributed to rational management of the species in the delta areas of several large rivers and their associated lakes.

During the 1940s the sea lamprey invaded the Great Lakes above Niagara Falls, where it quickly reduced the stocks of lake trout in lakes Huron and Michigan to commercial extinction and was well on the road to this in Lake Superior. International action to control the invaders was implemented, and the Board carried the Canadian part of the work during its experimental stages. Electrical barriers on spawning rivers killed most adult lampreys but not quite enough, and were abandoned in favor of a poison that kills lamprey larvae but, in the concentrations used, not the fish. The task of reestablishing lake trout is a slow one, although good returns are being obtained from fingerling plantings made by Ontario and neighboring states. However, rainbow trout have flourished under the new regime, and more recently coho and chinook salmon have provided excellent sport fishing.

Marine Mammal Management

Marine mammals are a particularly vulnerable resource because of the slow rate of replacement of the stock — commonly of the order of 10% per year. This means that a sustained harvest should be somewhat less than this, but it is very difficult to persuade a competitive industry to exercise such restraint when large numbers of animals are obviously available. As a result a number of Canadian stocks have become extinct or nearly so: sea otters off British Columbia, humpback whales in the Strait of Georgia, walruses on Sable Island and in the Gulf of St. Lawrence, and bowhead whales in the eastern arctic. Others are at a low ebb and are given complete protection by all nations, for example, the blue, grey, right, and humpback whales. Since 1972 Canada has suspended commercial whaling for all species in order to build up their stocks, and eventually a sustained yield will be possible.

The harp seal has survived in fairly large numbers because it was mainly their newborn pups that were harvested and because sealing was, up to recently, a difficult and hazardous occupation. Hooded seals also provide some skins each year, and their stocks too are under international study. Ringed and bearded seals, beluga, narwhal, and walrus are all taken by indigenous peoples. For the former commercial species the Board developed estimates of abundance and mortality rates and traced their migrations, by means of age composition studies and tagging. Similar estimates have been made for the arctic mammals, which are used almost wholly by the Inuit or Eskimos. Brochures on management of ringed seals, white whales, and walrus have been prepared in the Inuit language.

On the Pacific the Board and several cooperating agencies have begun the task of reestablishing sea otters by transplantation of animals from Alaska. Fur seals are a special case because of their polygamy and harem structure. Reduced to a few small herds early in this century, international agreement permitted them to increase to about 2 million animals while surplus young males continued to be harvested on the breeding grounds. Canada shares in the harvest, the Board has had the responsibility of assisting with the research upon which the management program is based. The Board also sponsors an animal census of killer whales — really a large dolphin — of which a few specimens are taken alive each year for display in oceanaria.

Two potentially nuisance species, from the fishery point of view, have received considerable study. These are the sea lions in the west and the grey seals in the east. Sea lions are not utilized at present, but the grey seal is subject to a small controlled kill by the federal government. The skins are used commercially, but the main purpose is to reduce damage to salmon and salmon nets and also to reduce the numbers of a cod parasite that uses the seal as a final host.

Fishing Gear and Techniques

The Board has assisted in developing new types of fishing gear and procedures, and testing those

already in use, particularly from the point of view of best utilization of stocks. An early study by A. P. Knight concerned the effects of dynamite, because some fishermen had begun to use dynamite to harvest schooling pollock in the Bay of Fundy. This was found to be wasteful because up to one half of the fish were not recovered, although the range of effectiveness of a stick or two of dynamite proved to be much less than anticipated. A test on a vastly greater scale was available for study in 1958, when Ripple Rock was blown out of Seymour Narrows north of the Strait of Georgia, using 1400 tons of explosives. This great detonation injured fish only within a range of less than half a mile.

One of the methods used to increase Atlantic fish production, starting early in the century, was to install bait freezers so that cod fishing could continue when fresh bait was not available. However, there was at first a great reluctance to use frozen bait because, by experience or by hearsay, it had acquired a bad reputation. In the summer of 1906, when the Atlantic laboratory was stationed at Gaspé, fishing trials were arranged with local fishermen using fresh and frozen herring. These showed that the frozen bait should be thawed in cold water so that it remained firm. In this form it caught somewhat fewer cod than fresh bait at times of slack water, but was superior to fresh bait in strong tidal currents, apparently because it stayed on the hooks better. In time the prejudice against frozen bait disappeared.

On the Pacific coast the Board played a major role in introducing echo-sounding to locate schools of herring, and this quickly replaced taut-wire sensing with resulting increase in efficiency. Later it investigated the use of mercury lights by seiners, and found that they greatly increased the proportion of small herring and salmon in the catches, so that their use was prohibited.

In harvesting clams major problems have been the slowness and expense of hand digging, and the breakage and loss of clams in the process. The Board developed a modified hydraulic clam dredge that was 90% efficient in taking legal-sized clams, while it eliminated the large breakage loss characteristic of digging or using nonhydraulic dredges.

On the Pacific coast midwater trawls were developed that have provided a basis for present commercial models, including a new type of "door" to keep the trawl open. Tests of various types of trawl continue at St. Andrews, both in the laboratory and on the fishing grounds. Data on shapes and stresses of commercial trawls have been obtained from specially devised instruments.

The characteristics of net twines were investigated extensively and the results passed on to fishermen, along with methods of retarding rot in natural fibers. Determination of the fluid mechanics of netting and screens at small angles of flow has corrected early misconceptions about the forces of water on fishing gear.

For winter fishing in fresh water, a simple transmitter has been developed at Winnipeg for locating the "jigger" that carries a line from one ice hole to where a new one will be cut.

Parasites and Diseases

The faunal surveys that were conducted at the early biological stations included cataloging and describing the parasites of fish and invertebrates. Such studies have continued and will continue for many years before a more or less complete species list is available. More important than simple enumeration are the effects of the parasites on their hosts. Some are known to cause considerable economic loss. For example, many young Pacific salmon are killed, directly or indirectly, by the copepods *Salmincola* and *Caligus* and by the tapeworm *Eubothrium*; an oyster disease caused major losses to the Maritimes industry during the 1950s; and a fungus disease killed large numbers of herring in the Gulf of St. Lawrence during 1954–56. Unfortunately, the control of aquatic parasites in nature is a problem that has baffled biologists all over the globe. Best hopes lie in finding or selecting disease-resistant stocks, and this in part is what was done in the case of the oyster disease.

There are also nonlethal parasites that live in the flesh of fish and, without being in any way harmful to man, are objectionable in appearance and so affect the quality of the product. One such is the nematode *Terranova* found in cod and many other marine fishes. A procedure for routine inspection of fillets by "candling" was developed by the Board and has made it possible to avoid large losses, while the present trend toward the utilization of smaller sizes of cod has greatly reduced the prevalence of the parasite in the catch. Another problem species is the plerocercoid stage of the tapeworm *Triaenophorus* that encysts in the flesh of ciscoes and whitefishes, particularly in prairie lakes. This indeed was a principal reason for establishing a research station in Winnipeg following the Second World War. Its studies showed that some lakes have only small populations of *Triaenophorus*, and this plus a system of routine inspection has preserved the market. Ultrasonic detection of the parasite in the flesh of the fish has proved possible. An attack on the

natural occurrence of *Triaenophorus* showed that it could be eliminated from a small lake by sufficiently intensive removal of pike, its final host; this has not yet proven practical on a large scale, but work is continuing. A third problem investigated by the Board is that of "milkiness" of the flesh of marine fishes, caused by a myxosporidian parasite.

The growing aquaculture industry has no greater problem than control of contagious diseases among fish or invertebrates held in necessarily crowded quarters. Studies of various diseases of salmonids, lobsters, and oysters are under way at several of the fisheries research stations. Some diseases are not known to occur in Canada while others, such as furunculosis, vibriosis and kidney disease of salmonids, are not yet found throughout the country. To avoid spreading such pests more widely, a control system is being developed for certifying fish as free from important disease organisms and parasites when moved internationally or interprovincially.

In another category are human diseases associated with aquatic products. There are practically no poisonous fishes in Canadian waters, but some of our shellfish on both coasts periodically become toxic by accumulating a poison that is present in one of their food organisms, a species of the protozoan genus *Gonyaulax*.

In the Atlantic this can become harmful seasonally in the Bay of Fundy and the St. Lawrence estuary; in the Pacific it is less common but an outbreak can occur almost anywhere. Two bulletins describe the ramifications of the problem on both coasts, and a monitoring system has been developed that warns the public of dangerous areas and prohibits the marketing of affected species.

A few parasites of Canadian fish can be transmitted to man if the fish are eaten raw, notably the tapeworm *Diphyllobothrium* and the nematode *Anisakis*. Studies have been carried out to minimize the risk of infection in localities where they occur.

Handling and Storage

Handling and Transferring Fish

The goal of improved quality and longer "shelf-life" of fish products implies the best possible conditions of handling and storage from the time the fish are caught. When the Technological Stations were established, one of the first projects was to improve the storage bins and icing practices on trawlers, and designs prepared by the Halifax laboratory are today still in wide use. The use of aluminum rather than wooden pen boards was particularly useful in reducing both labor and bacterial contamination.

Another concept in vessel storage is to hold fish in refrigerated sea water (RSW) at temperatures slightly below 0 C (31 F). This was pioneered by H. L. A. Tarr at the Board's Vancouver laboratory and has been widely adopted. In our Pacific fisheries RSW is now used extensively, particularly on packers, as a storage medium for salmon. Most components in RSW systems have been standardized, and use of this technique has meant savings of about a million dollars annually. RSW must be used with caution for some species of groundfish, but the more important ones can be stored for reasonable periods. Saturation of RSW with carbon dioxide retards bacterial spoilage and in species such as ocean perch protects the skin color from bleaching to some extent, but has serious detrimental effects if the fish are to be subsequently frozen or canned.

In transferring fish from boat to boat or boat to plant various types of unloaders are used, including pumps whose design was elaborated by engineers of the Vancouver Station in cooperation with industry. In the Pacific fisheries these are being increasingly used: most fish today have been pumped at least once, sometimes twice, by the time they are delivered to the processing plant, and with less damage than is caused by mechanical unloading. Pumping has proved invaluable for rapid unloading of fish from tanks of refrigerated sea water.

Refrigerated and Frozen Storage

After artificial refrigeration had become practical it was quickly applied to fish. In the fall of 1914 Johan Hjort demonstrated in Canada a new Norwegian method of quick freezing of fish. Soon afterward quick freezing of hake was undertaken experimentally at St. Andrews, in response to complaints from Canadian troops that the fish reaching France were tough and tasteless. The experiments showed that hake frozen quickly, held at a low temperature, and cooked soon after thawing differed very little from fresh hake, but to establish these favorable conditions on a large scale in wartime was another matter.

The various aspects of frozen storage were studied at Prince Rupert and Halifax. Different glazes and packaging materials were tested, to retard drying and oxidation of the oil. A device was invented to determine the true freezing point of fish flesh, and extended research on the effects of freezing temperatures on the muscle proteins have become the foundation of the present frozen fish industry in North America, particularly rapid

freezing. But long before the theoretical background was complete, in 1929 the Halifax Station developed and marketed a quick-frozen product in standard packages under the name "Ice Fillets." Although they sold at a premium, general utilization of this principle came only much later.

One major problem in frozen storage is to maintain a consistently low temperature — preferably of the order of −30 C (−22 F). Board engineers developed designs for "jacketed" cold storage rooms and assisted with their installation in various plants. Later the same principle was adapted to frozen storage on board fishing vessels, which is now widely used when long storage is expected. For tuna vessels a brine-spray freezing system is available. Freezing units are being continually improved by research done on both coasts. A packaged combination plate and blast freezer has proved very effective in reducing freezing time, thus making it possible to handle a greater volume of fish. Problems of freezing, thawing for processing, and then refreezing, without loss of quality, have been worked out at St. John's, to the great benefit of the trap cod industry in which large temporary gluts of fish are a common occurrence.

Many other special problems have had to be met: for example, lobsters can be held frozen only after preliminary cooking, which must be for long enough to completely inactivate the digestive enzymes.

Transportation and Display

Unfortunately, holding problems do not end at the processing plant. Board engineers, led by Otto Young, conducted a sustained and finally successful campaign to have railway cars and trucks fitted with individual refrigeration units that would get fresh fish to inland markets in edible condition. The design of adequate storage and display cabinets for fish in retail stores is an accomplishment of the last 25 years or so, to which the Board has made a significant contribution. The attractiveness of the product is important, and a fillet slicer developed by the Board assists by providing fillets of uniform thickness.

Flavor and Spoilage

Along with the improvements in equipment there have been studies of the structure and composition of the flesh of different species, related to their nutritive value, texture, and flavor. The source of the "fishy" odor of quick-spoiling species was quickly identified as trimethylamine (TMA), formed by postmortem reduction from the trimethylamine oxide normally present in fish muscle. Recently the compound ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) has been found efficacious in inhibiting trimethylamine production, and when combined with vacuum packing it can double the shelf life of fillets.

Bacterial spoilage has also been intensively studied, C. H. Castell and H. L. A. Tarr being leaders in this work. At the Prince Rupert station sodium nitrite was shown to retard spoilage of fillets, and it is still used in some countries, although considered potentially dangerous if the product might be used incompletely cooked. An aureomycin compound, chlortetracycline (CTC), was found to be a safe and very useful antibiotic when added in minute quantities to the ice used to chill fish. However, eventually this use of CTC was banned in the United States for no valid reason, and at present it is not widely used on this continent.

A deadly but thermolabile poison produced by the bacterium *Clostridium botulinum* can occur, but fortunately very rarely, in improperly processed food products. Although cooking destroys the poison, the Board has studied the nutritional physiology of this organism intensively with a view to reducing the danger to absolute zero.

Inspection of Fish and of Processing Plants

During the summers of 1921 and 1922 the Board was asked to investigate sanitary conditions in Prince Edward Island lobster canneries. This was done, and an educational campaign was conducted that resulted in improved conditions and better quality of the product. Similar educational work was done unobtrusively in later years from Halifax and Prince Rupert, until in 1945 the Department's Inspection Service was organized not only to take care of plant conditions but to check the quality of fish put on the market. Both aspects of inspection were based on the Board's work on handling and spoilage; in fact the Service's first Director, E. Hess, was a well-known microbiologist on the staff of the Halifax Station.

Processing and Products

The traditional methods of preserving fish for long periods were salting, smoking and drying — singly or in combination. In the last century canning became important, and later the reduction of less valuable species and processing wastes to meal and oil. All these techniques have been the subject of intensive study by the Board to obtain better quality, greater yield, or lower costs through mechanization.

Smoking

Scientific study of techniques of smoking began at the Atlantic Biological Station in 1915. After 2 years of experimentation with haddock, a superior finnan haddie was produced, said to rival the best from Aberdeen. Later this kind of work was transferred to Halifax. Other species were used, and there was an investigation of the construction and operation of the smokehouse itself. Soon smokehouses of Board design became widely used throughout the Maritime Provinces, with great saving of labor and improvement in the quality of the product. Similarly, there has been commercial application of smoking equipment and procedures developed at Prince Rupert and Vancouver, and at London and Winnipeg for freshwater fishes.

Salting and Drying

One of Canada's oldest industries is the catching and curing of cod, which began in Newfoundland immediately after (some say before) the voyages of John and Sebastian Cabot. But the traditional method of drying the fish on "flakes," though picturesque, is very laborious, so that the salt-fish industry too has gradually adopted mechanization. At Halifax, St. John's, and Grande Rivière intensive studies were made of the salt concentrations in the pickle, length of salting, drying temperatures, and air velocities in the drier, that were required to obtain different types of product. As a result, mechanically dried fish are now rated as equal to the best natural cure, top quality is obtained more consistently and with much less labor, and salt cod has become something of a premium product in Mediterranean countries. More than 200 salt-fish driers of a design developed by the Halifax Station have been installed. Similarly a salt-fish washer engineered by W. A. MacCallum has been widely accepted. Red discoloration of salt fish was traced to bacteria found in solar salt and preventive measures were developed. Other bacteria are kept under control by adequate sanitation in the plant. Bulletins on curing salt fish were prepared by A. G. Huntsman in 1927 and by S. A. Beatty and Henri Fougère in 1957.

Other species besides cod have been preserved by salting. Prior to World War II there was a large market in the orient for dry-salted herring, and the Prince Rupert Station did considerable work on the details of the process.

Canning

The mechanics of fish canning have been brought to a high level of perfection by industry, but at the time of World War I there were still a few problem areas. One of these was the occurrence of swelled or bloated cans due to bacterial spoilage, which the Board investigated as early as 1916. More extended bacteriological and other studies were made of the blackening of canned lobster and of the cans themselves, now usually avoided by the use of a parchment liner. Another problem was the browning of canned fish caused by the "Maillard reaction," the chemistry of which was worked out at Vancouver. Still others are the "curd" and the crystals sometimes found in canned salmon, which though harmless reduce consumer acceptance, and have been partly overcome as a result of Board investigations.

Recently Board work in canning has been mainly in testing and demonstrating new types of products, particularly from little-used species such as alewives. The difficult problem of predicting the color of the flesh of canned salmon from that of the fresh fish has been solved by cooperative work of the Vancouver Laboratory and the B.C. Research Council. A salmon color sorter is now available for commercial use.

Reduction

The fish reduction industry has gone through several phases. On the Pacific coast it originally depended mainly on the great stock of pilchards or California sardines, whose larger members moved north to Vancouver Island in summer. These fish disappeared after the 1940s, but meantime reduction of herring had been legalized. During the 1920s and 1930s the oil was the most valuable product, and the subject of much Board research. This culminated in a comprehensive review by H. F. Brocklesby and O. F. Denstedt in 1933, which was revised and largely rewritten by members of the Prince Rupert Station in 1941, and again brought up to date in 1952 by B. E. Bailey and others. These bulletins dealt exhaustively with marine oils, particularly those of western Canada, including information on extraction, analytical methods, chemistry, and certain nutritional properties.

Cod liver oil has long been used medicinally, but only during the Second World War was the importance of fish oils as a source of vitamin A fully appreciated. There was a brief but intensive interlude of studies to determine the vitamin A and D content of the livers of dogfish and other sharks, lingcod, and halibut, which resulted in a very valuable vitamin oil industry. This subsided when synthetic vitamin A became available in the early 1940s. An extraction process for lipids, developed at Halifax, has been adopted by laboratories all over the world.

In recent years the meal obtained from most kinds of fish has become more valuable than the oil, particularly for animal feeding. Intensive studies were made on the nutritive value of herring meal. Reduction methods were better standardized, bulk handling techniques were developed, and antioxidants were added to improve the storage stability and nutritional properties of the product. The reduction industry has now become important on the Atlantic coast, using herring mainly, but turning also to underutilized species such as capelin, argentine, and sandlance as the accumulated stocks of herring are thinned out.

Other Processes

Over the years numerous new preparations and specialty products have been prepared by A. W. Lantz and others in Board laboratories — for example, fish sausages, breaded products, etc., usually with a view to utilizing low-priced species. New products for human consumption are tested by means of taste panels: individuals who are asked to compare flavor and texture of fish handled or prepared in different ways, or to try out previously unused species. The Board's first taste panel was assembled at St. Andrews in 1919, and the technique has been used extensively ever since.

A potentially important product, fish protein concentrate, has so far had only minor success on the market. Although the "Halifax process" produces it more economically than other methods, it is beyond the reach of the populations, mainly in tropical countries, in whose diet it would be a valuable protein supplement. However, a version has now been made for the domestic market that can be used as "binder" in meat products such as sausage, and would increase the animal protein content of these foods. After many unsuccessful attempts, currently freeze-drying of cod steaks has given an acceptable product whose storage characteristics are under study.

Sometimes a new product will "catch on" quickly. The Japanese market for herring roe, long known to exist but not developed by Canada, was opened up a few years ago and has become a very profitable venture. Roe processing techniques similar to those used in Japan were developed at the Vancouver laboratory, which also gave financial support to the development of an instrument for sorting the mature fish by sex.

There are also nonfood products. Up to about 1940 work was done on the properties of pilchard and herring oil as a base for paints. Recently it has been shown that the oils and waxes of the barracudina, a small fish that occurs commonly in the Gulf of St. Lawrence, have the same properties as the valuable sperm whale oil. A purified hormonal preparation (gonadotropin) obtained from the pituitary glands of salmon has been used to stimulate spawning of pond fishes in southeast Asia.

Artificial Propagation and Enhancement

Release of Fry

Artificial hatching and release of larvae or fry of salmon, trout, whitefish, shad, lobsters, and other species was a standard management technique in Canada and elsewhere during the last quarter of the 19th century and first quarter century of the 20th. Today this practice has largely been abandoned, and where possible it has been replaced by other procedures: either rearing the fish to larger sizes before release, or giving assistance to natural propagation. The Board has played a major role in this change of emphasis. Studies on lobster development and survival between 1913 and 1917 showed that Canadian lobster hatcheries were making practically no contribution to the fishery, and they were closed after 1917. In 1923 a study by H. C. White of the fate of trout fry planted in two small streams revealed a very large mortality during the first summer. In 1925 the Board was asked to assess the contribution of the British Columbia sockeye salmon hatcheries to the fishery, and a 12-year experiment was set up at Cultus Lake under the direction of R. E. Foerster. This showed that hatcheries were contributing very little to the total sockeye production, although for small runs the standard procedure, release of fry, could produce about twice as many adult sockeye as natural spawning did. Accordingly it was decided to close the British Columbia salmon hatcheries. Unfortunately the fiscal pressures of the depression were so great that no alternative management activity was substituted at that time.

For sockeye, as well as most species of salmon and trout, the principal limitation on abundance is the availability of freshwater habitat where they must spend their early life. However, two species of salmon, pinks and chums, go to sea as soon as they emerge from the redds, and at Cultus Lake and elsewhere there was evidence that hardier fry were produced by hatching eggs in gravel rather than in baskets suspended in troughs. After the war this lead was followed up at Nanaimo. The inferiority of trough-reared fry was shown to have both an energy and a behavioral component. On the one hand, the fry swam more or less continuously and lost weight when not separated from each other by stones; and on the other,

they lost their inclination to move downstream when they were exposed to light prematurely. Tests with pink salmon hatched and held in darkness in gravel-filled tanks showed that they equalled naturally spawned fry in all respects, including percentage return as adults. At present prices and costs, hatching these species yields a return of several hundred percent, and pilot-scale operations are under way.

Pond Rearing and Supplemental Feeding

Coho, chinook, sockeye, and Atlantic salmon spend several months to several years in fresh water, which makes them adaptable to a more intensive propagation technique: feeding and rearing in ponds until the time for migration arrives. Alternatively, they can be released before migration time into waters not adequately stocked by natural spawning — above impassable falls, for example. The Board conducted extensive experiments with the latter technique using Atlantic salmon, and found that good adult returns could be had only if merganser populations were reduced to a low level on the river of release. Rearing coho and chinook salmon to smolt size in ponds has begun in British Columbia, and experiments are determining the temperature, food regime, and size and time of release that will give best adult returns. Also trials have been made of supplemental feeding of young cohoes in natural streams, and of increasing their natural food supply by adding organic substrates.

Spawning Channels

Another management technique is to improve natural spawning beds or construct special channels for natural spawning in situations where existing gravel areas are inadequate. The necessary conditions of gravel porosity, water flow, and oxygen requirements of the eggs were researched at Nanaimo, and experimental channels have now been built at several sites in British Columbia by Resource Development and by the Salmon Commission. At Babine Lake these have been shown to produce fry of normal behavior and hardiness, though the conditions required for maximum percentage hatch are still under study. Indications are that in an average year the channels will add to the harvest at least half a million sockeye valued at more than 3 million dollars, and possibly twice that number.

Hatchery Techniques and Selective Breeding

Early experiments at Cultus Lake showed how long sockeye eggs and sperm could be held before fertilization, and recently frozen storage of sperm has had some success. The "sensitive period" during egg development was pinpointed — showing when eggs could be moved without damage. Different methods of taking the eggs were compared. Tests of the number of males needed to fertilize the eggs of a given number of females, both artificially and in nature, showed that a considerable surplus of males is normally available, which opened up possibilities for selective breeding and for the alternative use of those not needed. Selection of the larger individuals for breeding is becoming an urgent matter, because a somewhat heavier utilization of the larger salmon by the fishery favors the survival of slower-growing and of early-maturing individuals, and this has been reducing the average size of salmon caught.

Another artificial measure with potential for the future is to develop superior stocks by hybridization and selection. A start was made during the prewar period when reciprocal crosses were made between the five species of Pacific salmon; all were reared to maturity in ponds and their fertility established. Recent work has been directed at crossing different stocks of the same species to obtain desirable combinations of characters.

Transplantation and Acclimatization

Introduction of new fish species, and the transplantation of fish from one part of the continent to another, was a major activity during the early days of fish culture in North America. Results were both good and bad: valuable fish, especially several kinds of trout, have been established where formerly they did not exist; but there have also been unfortunate introductions of predators or competitors into waters that supported more desirable species. The Board and others have made several attempts to introduce lobsters to the Pacific, where there is abundant physically suitable habitat. These have survived and reproduced, but no native stock was established — perhaps because only a few thousand animals were used. Similarly, introductions of Pacific salmon to Atlantic waters have had no permanent success as yet, although there is a nucleus of pink salmon in Newfoundland and cohoes in Maine, the latter from United States liberations.

Stimulated partly by Board thinking and cooperation, Ontario has established pink salmon in Lake Superior and kokanees (freshwater sockeye) in Lake Huron, while both Michigan and Ontario maintain good stocks of cohoes and chinooks in all the Great Lakes by annual introductions.

Other Measures

Pink salmon mature only in their second year of life, and a pronounced disparity in the size of the run in alternate years is a common, though not universal, characteristic of the species. To establish good runs in the "off" years is an obvious approach to increased catches. About 1930 A. L. Pritchard made several experiments in transplanting pinks to Masset Inlet in the odd-numbered years, which lack native runs in that area. Although good migrations of fry went out to sea in 2 years, there was an almost complete failure of returning adults, showing that something more than absence of spawners is involved in the off-year phenomenon. Three hypotheses seem possible: (1) that the fry of off years are below some threshold number needed to run the gauntlet of predators on their way to the open sea; (2) that there is cannibalism of the young fish on their way out by the returning adults, which has been shown always to favor the more abundant brood and reduce the smaller one; and (3) that there are hereditary differences between the two broods, each being adapted, for example, to a particular feeding ground or migration route. The last hypothesis is now being tested by accelerating the maturation of male pinks and using their sperms to fertilize females from elsewhere. Already off-year stocks that contain ¾ native genes are available, and a field trial will soon be possible.

A trial was made of the usefulness of kokanees from an inland lake to add to the production of anadromous sockeye. Results were disappointing, but the experiment contributed to distinguishing between the fully lake-adapted kokanee and the "residual" sockeye that were the progeny of anadromous parents.

Control of the predacious fishes in Cultus Lake increased natural sockeye production there to 3 or 4 times its normal level, and was economically attractive under the price and wage structure of the 1930s. A new attack on the problem of increasing sockeye salmon production has recently been made by mineral fertilization of a lake very poor in nutrients. Increases in plankton and in sockeye growth and condition have been obtained, which are being reflected in increased commercial catches.

Finally, artificial reefs to increase lobster abundance have been demonstrated successfully in the Gulf of St. Lawrence. The increased yield of lobsters will meet the cost of their construction over a period of a few years.

Aquaculture and Live Holding

Fish

For many years the principal form of commercial pisciculture in Canada was rearing trout in fresh water for market or for private angling. Recently there has been a greatly increased interest in aquaculture of all sorts, and a wide variety of products is under study. Stimulated by successful rearing of Atlantic salmon and trout in Norwegian fjords, several commercial saltwater rearing projects have been undertaken here, with very uneven results to date. On both coasts Board studies are in progress to learn the conditions necessary for consistent success in this field. Most of the available species of trout and salmon are being tried, and there are promising results for coho and sockeye salmon and rainbow trout. By hatching eggs and holding fry in warmed water it has been possible to get an early start on growth for the year, and the use of heated water from electrical generating stations is under study.

Other species of fish are also being tried. Sablefish or black cod have proved very adaptable to culture, but so far the commercial aspects are marginal. In all cases it is necessary to use a diet that gives the product a natural or "wild" flavor and appearance, and taste-panel tests are part of every project.

A very successful innovation by the Board has been the use of prairie pothole lakes to rear trout. These shallow basins are typically so eutrophic that fish suffocate under the ice in winter; at the same time they produce a rich crop of invertebrate food in summer. By stocking limited numbers of fingerling trout in spring it was found possible to obtain fish of half a pound to a pound in autumn, when they are harvested using gillnets or seines. The harvest is delayed until just before freeze-up, when the fish have lost the "muddy" flavor that often prevails during the warm part of the year.

Oysters

During the present century the oyster industry changed over from a free-for-all harvesting of wild stocks that threatened to decimate the supply, to a culture technique based on leased grounds. In 1903 and 1904 the mobile laboratory was stationed at the famous oyster locality of Malpeque Bay, Prince Edward Island, and nearly all the investigators studied some aspect of oyster development, physiology or ecology. This work was continued in later years, and was translated into management recommendations by Joseph Stafford in 1913. During the 1930s at the Ellerslie field station, A. W. H. Needler developed the technique of collecting spat on floating substrate (concrete-coated egg-crate fillers), and of rearing during the second year in floating trays, after which they were planted on firm bottom. He also

"sold" the local oysterers on the need for leasing grounds to establish adequate control of the harvest. This station's accumulated experience has been summarized in a comprehensive Bulletin by J. C. Medcof, and has recently been applied to commercial ventures on Cape Breton Island.

On the Pacific side a major discovery was a source of abundant seed oysters in Pendrell Sound, which has eliminated dependence on imported seed with its ever-present danger of introducing additional harmful pests. An artificial cultch has been developed that is beginning to replace natural shell for collecting spat. Raft culture of oysters up to commercial size, similar to what has long been practiced in Japan, has been demonstrated as practical in the ice-free waters of British Columbia. This extends the range of oyster production out beyond the intertidal zone, and into pollution-free and nutrient-rich areas of the coast which, though favorable for growth, are too cool for oyster spawning and hence lack natural populations. Bulletins describing both ground and raft culture have been prepared by D. B. Quayle.

Crustaceans

The Canadian lobster industry prospers best when there is a year-round supply of live lobsters that can be sold when markets are strongest. In order to extend the period of availability, lobsters are held alive in floating wooden pens, in shore-based tanks, or in large natural tidal pounds, but there have been problems with all three. In extended storage food must be supplied in suitable quantity to maintain weight without polluting or deoxygenating the water. For good growth lobsters require about 6% of their body weight in food per week at high summer temperatures, and it was found that the food must conform to nutrition standards that were not met by diets formerly in wide use. For short-term storage, where growth and molting are not desirable, somewhat less food will maintain weight. A blood parasite, *Gaffkya*, has sometimes caused large losses, but is not a serious problem if the animals are not under other stress. Given shelters in the form of drain tiles, and suitably cool temperatures, survival is much improved.

Recently red crabs have become commercial and can be held alive like lobsters, preferably at temperatures below 12 C. They also proved resistant to gaffkemia.

The Aquatic Environment — Oceanography and Limnology

No study of aquatic animals and plants is complete without knowledge of the waters in which they live. From the beginning, therefore, attention was given to the physical and chemical characteristics of oceans, lakes, and rivers, and a full-time oceanographer was employed for the Atlantic in 1928 and for the Pacific in 1930. However, several other government departments were interested in the oceans, and from the middle 1930s there was cooperation from the Navy and the Hydrographic Service, particularly in providing vessels for oceanographic observations. To correlate ocean studies there has been a series of interdisciplinary committees, dating back to 1930. One of these became very active during the Second World War, when the Board's oceanographers were drawn into classified research, for example that related to "false targets" caused by density discontinuities. The present name of the coordinating committee is the Canadian Committee on Oceanography. In 1960 the federal government's major responsibility for oceanography was transferred to a new Marine Sciences Branch of the Department of Mines and Technical Surveys, and when the Department of the Environment was formed in 1971, the MSB became part of its Water Management Service. But the fisheries research stations continue to do some of the work directed specifically at fisheries problems.

To be of maximum usefulness oceanography, like meteorology, requires series of observations taken at regular intervals and with standard techniques. Unfortunately, collecting such data is much more expensive on the ocean than on land, but some progress has been made, as described below. Another approach to a continuous systematic description of the ocean environment is to use meteorological records of air pressure. These can be used to calculate wind-driven transport of ocean water over broad areas, which is related to its temperature and content of nutrient chemicals. The necessary computations were developed at the Nanaimo Station, and have shown a promising capacity to predict fish food supplies and to help predict fish catches themselves.

Atlantic Region

A report on the temperature and density of the water in Passamaquoddy Bay was published by the Board as early as 1912. The Fisheries Expedition of 1914–15 provided the first comprehensive picture of the Gulf of St. Lawrence and waters off Nova Scotia. It was followed by a series of studies on smaller areas, some of them related to prospects for oyster culture: the Chaticamp expedition of 1917 studied the area from Cape Breton to the Magdalen Islands, the Miramichi Region was covered in 1918, St. Mary's

Bay in 1921, and St. Margaret's Bay in 1922. The Strait of Belle Isle expedition of 1923 concentrated particularly on the movements of water through that strait. Since the war there has been intensive work in Malpeque Bay in relation to oysters, in the Gulf of St. Lawrence related to the cod and herring fisheries, and in the Bay of Fundy in relation to a proposed tidal power development. Special studies of ocean currents were made by releasing floats and also "sea-bed drifters" that are later picked up by trawls.

Regular temperature series are taken at a number of sites, starting in 1921 for Passamaquoddy Bay. Annual oceanographic observations in depth are made along several transects running offshore from southern Labrador to southern Newfoundland, and quarterly observations along a line off Halifax. These have been useful in predicting catches of cod and haddock during the same year, and in a variety of other ways. The observations in the Gulf of St. Lawrence are used to forecast ice conditions there.

Pacific Region

Accounts of Board work in Pacific oceanography begin in 1916, but the first comprehensive study concerned the Strait of Georgia and estuary of the Fraser River, done during the late 1920s by C. C. Lucas and A. H. Hutchinson. Later Nootka Sound and the Strait of Juan de Fuca were examined, while N. M. Carter made a special study of the mainland inlets. During the 1930s regular seawater observations were instituted by J. P. Tully at a series of lighthouses along the coast; these were expanded after 1945, and in the 1950s and later more varied records were started at the weathership 700 nautical miles west of Vancouver Island. Major surveys conducted since the war were of Barkley Sound in relation to herring production, the Strait of Georgia for a better understanding of physical characteristics and mechanisms of flushing that are important for fisheries and pollution control, Hecate Strait in relation to the spawning of several groundfishes, Dixon Entrance for elucidation of physical processes affecting water characteristics and movements, and the subarctic North Pacific (coastal and pelagic) in relation to the distribution of salmon and other fishes. For Alberni Inlet and Hectate Strait the circulation and other characteristics were studied in detail by means of hydraulic models constructed at Nanaimo.

For some years the experimental study of primary production was a major effort at Nanaimo, which included large polyethylene bags suspended in the ocean as "aquaria." In 1960 this culminated in a major review by J. D. H. Strickland. The same author, with T. R. Parsons, developed new analytical procedures for sea water and modified old ones, leading to a Manual of Sea Water Analysis that is everywhere the standard reference work.

Arctic Region

Detailed oceanographic work in the Canadian arctic began with H. B. Hachey's observations during the Hudson Bay expedition of 1930, which showed that this great body of water was truly Arctic in spite of its southern position. In 1947 an eastern Arctic program began which has included many oceanographic stations, particularly around Baffin Island and in northern Hudson Bay; this work was summarized in 1951 in a comprehensive publication by M. J. Dunbar. The western Arctic region, including the Beaufort and Chukchi seas, was studied cooperatively with the United States starting in 1949, and the icebreaker *Labrador* connected the two areas by an east to west cruise in 1954. In 1962 five field parties and two icebreakers made a special survey of the central Arctic.

Estuaries

The oceanography of estuaries is important because they are at once critical for fish production and particularly susceptible to harmful changes. Both adults and young of anadromous fishes and eels must spend some time in them adapting to the change in salinity, and the young must find food there at a critical stage of their life.

Our largest estuary is the St. Lawrence, and the one carrying most salmon is the Fraser; both have been the object of study to learn their contribution to fish production and to identify critical habitats that must be preserved. The Board's first comprehensive study, however, was of Alberni Inlet by J. P. Tully, who published a monograph concerning it in 1949. Estuaries of the Miramichi and St. John rivers in the east, and the Squamish River tributary to Howe Sound in the west, have also received major attention. Recently the Pacific Biological Station and the Pacific Environment Institute, in cooperation with the Marine Sciences Branch, have made special studies of the Squamish and Nanaimo River estuaries, which have resulted in recommendations regarding port development, dredging, etc.

In the East, the Marine Ecology Laboratory has obtained evidence that events in the coastal region play a major role in determining the abun-

dance of fish stocks, even those that live well offshore.

Inland Region

Observations on the physical and chemical characteristics of lakes and rivers have been made on nearly all bodies of water where the Board's biological studies have been conducted — including most of the Great Lakes, the large lakes bordering the Canadian Shield from Winnipeg to Great Bear, saline prairie lakes, trout lakes in New Brunswick and in the National Parks of the Rockies, and a number of salmon-producing lakes of the Pacific littoral. In one of the latter, Cultus Lake, year-round observations revealed that in spring the thermocline forms at a depth and rises until a strong gradient is established fairly near the surface — the reverse of the description then given in textbooks. Comparative studies by D. S. Rawson and others showed that the chemical content of fresh waters, as measured by alkalinity, conductivity, or total dissolved solids, is closely correlated with biological production, and together with mean depth was found to be the major determinant of fish yield.

Primary production in fresh waters, as in the ocean, comes from algae and larger plants, and is a special concern of the Board's unit at the Canada Centre for Inland waters. R. A. Vollenweider was the editor and a principal contributor to the International Biological Program's Manual on the subject. Too much primary production leads to accelerated eutrophication, which has become an acute problem in some places, and a major effort has been devoted to its causes and its control. A principal symptom of increasing eutrophication is a decrease in the oxygen content of the deeper waters of a lake in summer, or in winter under the ice. In Lake Erie this has gone so far that the large burrowing mayflies, formerly a major food of useful fishes, have almost been eliminated. A series of lakes in northwestern Ontario has been set aside by the Ontario government for the experimental study of eutrophication by the Freshwater Institute at Winnipeg. For example, various chemicals have been added to different lakes, and their effects on the chemistry and the aquatic life was observed. These studies, together with laboratory experiments and field work on lakes Erie and Ontario, demonstrated that phosphates made the principal contribution to excessive eutrophication and led to restrictions on the sale of phosphate-based detergents. Alternative compounds, that would do much less environmental damage, were tested and (in one case) recommended for use.

Pollution

Industrial and Domestic Wastes

Pollution of natural waters is by no means a new phenomenon. The first volume of papers from the Biological Station, published in 1902, included an article on the effect of polluted waters on fish life, by A. P. Knight. He studied effluents from a pulp mill, a gas works, and a nail factory. A more extended study was made of the effects of sawdust and bark from lumber mills, which at that time were frequently blamed for fluctuations in the catch of both freshwater and marine fishes. Dr Knight was able to show that mill wastes were likely to be harmful only locally on the smaller rivers, and recommended individual regulation in place of the blanket (but largely unenforced) prohibition that then existed.

Since 1900 the load of domestic and industrial effluents has increased enormously, organic herbicides and pesticides have made their appearance, and radioactive wastes have become a potential threat. Much effort has been expended to determine and to reduce their harmful effects on fish. For example, advice from Board scientists has helped to locate recent pulpmills in British Columbia in areas where these wastes would be quickly dispersed, and to improve the waste disposal systems of existing mills. They have also recommended sites for sewage outfalls of several cities on both coasts, in places where they would do least damage.

Where contamination is present, protection of food supplies is essential. For many years the Board has cooperated with the Department of Health and Welfare in devising regulations and closures to ensure that contaminated products do not reach the market. At the same time, studies of the buildup of bacterial loads, and of the mechanism and time required for natural cleansing in unpolluted water, have made it possible to use products harvested alive from lightly polluted areas.

It is desirable that the fishing industry should set a good example in disposal of its wastes. A system of treatment developed at the Vancouver Laboratory is now being installed in many plants, which uses screening as a first stage and flotation as a second.

Sometimes crisis situations arise that demand prompt assessment and action by the Board and other agencies. Some of the major ones have been the epidemic of spraying forests with DDT during the 1950s in New Brunswick, mine wastes in the Miramichi River, the discharge of deadly elemental phosphorus into Placentia Bay, Newfoundland, the spill of Bunker C oil from a tanker into

Chedabucto Bay, Nova Scotia, and the discovery of mercury in toxic quantities in fish living near industries where this metal is used. All these presented major research and administrative challenges. For example, the mercury crisis required a major redirection of effort at the Freshwater Institute, including the development of new methods for determining small amounts of mercury in fish and in the environment. In that connection, it has been found that marginally dangerous levels of mercury sometimes occur naturally, particularly in large oceanic species that feed at the top of the food chain and so get mercury that has been successively concentrated by a series of organisms, starting from the natural level of mercury in sea water. Although such fish could be harmful only if eaten in very large quantities, the ban on their sale has disrupted several fisheries.

Effects on Aquatic Animals

Whether large or small, sudden or gradual, crises such as are described above have stimulated intensive work to determine the effects of each pollutant on fish and other aquatic life, including an acceptable safe level when possible. For example, the necessary degree of dilution of sulphate pulpmill effluent was determined to make it harmless to young salmon. Such work involved determining not only direct toxicity, but also sublethal stresses and changes in behavior patterns that make fish less capable of normal growth and survival. For example, it was found that young Atlantic salmon held briefly in dilute copper–zinc mine wastes or in a weak DDT solution showed no immediate effect, but they were only 65–75% as successful as untreated fish in surviving their life at sea and returning to their native river. To predict such effects without an extended field trial, tests of food conversion efficiency and of maximum swimming speed have been devised; for example, stress from certain pollutants was exhibited at only one-thirtieth of the concentration required to cause death. The cortisol content of the blood has been found to be another sensitive index of stress.

There can also be environmental damage that restricts the habitat for fish or reduces their food supply: for example, stream insects are much more sensitive to DDT than are the fish that prey on them, and their disappearance can be almost disastrous to fish as direct mortality of the fish themselves.

Acknowledgments

This synopsis has been prepared from the source documents listed in the References and from original reports of investigations. In addition, in 1974 the views of all the Research Stations and of a number of former Board employees were solicited. Practically all of the suggestions received have been incorporated, and I wish to thank those who contributed. Nevertheless, this is a personal document in the sense that the choice of materials and emphasis must to some extent be colored by my own knowledge and interests; but my hope is that nothing of major importance has been overlooked completely.

Appendix[2]

Principal Establishments of the Fisheries Research Board

Research establishments and field stations of the Fisheries Research Board of Canada and its predecessors, the Biological Board of Canada (1912–37), and the Board of Management of the Marine Biological Station (1899–1907).

The names of establishments have been changed from time to time, and in 1967 the prefix Fisheries Research Board of Canada (here abbreviated as FRB) was added to current names of that year. The following notes are compiled under the titles in use in 1973, or at the time of termination of a station. Substations and field stations are listed under parent units. In 1973 these establishments became part of the Fisheries and Marine Service, Department of the Environment.

1. The "Marine Biological Station" 1899–1907. East coast of Canada.

Variously referred to by E. E. Prince, Chairman of the Board of Management as "Dominion Biological Station," "Canadian Biological Station," and "Marine Station." This station was moved by scow from shore locations: at St. Andrews, N.B. in 1899 and 1900; at Canso, N.S. in 1901 and 1902; at Malpeque, P.E.I. in 1903 and 1904; at Gaspé, Quebec, in 1905 and 1906. The scow sprang a leak while the station was being towed to Sept Iles, Quebec in 1907 and was beached near Grand Vallée. The Station was not used again as such, the season's work being done at Sept Iles in rented accommodation.

2. "Georgian Bay Biological Station," Go Home Bay, Georgian Bay, Ontario 1901–13.

This Station was founded under the auspices of the federal government and for the first 3 years was supported in part by it. Its activities were reported annually from 1902 by E. E. Prince, Chairman of the Board of Management, which assumed full responsibility for it in 1904. It was not active after 1913, and was formally discontinued in 1917. The first federally supported freshwater investigations in Canada were done here.

3. FRB Biological Station, St. Andrews, N.B. 1908–73.

Land for the "Atlantic Biological Station," St. Andrews, was acquired in 1907, and construction of buildings began in 1909. This Station operated mainly seasonally, June–September, until the mid 1920s, when the first full-time scientific staff was employed.

[2]Compiled by Dr. L. W. Billingsley.

A field laboratory called the "Biological Substation, Ellerslie, P.E.I.," began in 1929. From 1931–33 it was called the "P.E.I. Marine Station", and from 1934–41 the "P.E.I. Biological Station." Since then the original name has been used.

3(a). The "Atlantic Oceanographic Group" (AOG) was administered by the Atlantic Biological Station from 1946 until transferred to Halifax in 1960, and to the Bedford Institute of Oceanography at Dartmouth in 1962. The AOG was the Atlantic coast unit (under H. B. Hachey) of the Joint Committee on Oceanography. This Committee, formed in 1946 to coordinate the interests of several federal departments, in 1959 became the Canadian Committee on Oceanography. In 1965 the AOG became part of the Marine Ecology Laboratory, Dartmouth. (The Pacific Oceanographic Group was a similar unit on the west coast, formed at the same time [under J. P. Tully].)

4. FRB Biological Station, Nanaimo, B.C. 1908–73.

Established as the Pacific Biological Station, Nanaimo, construction of buildings was started in 1908. It was operated seasonally until the 1920s, as was the Atlantic Biological Station.

The "Biological Substation, Cultus Lake," B.C. was operated from 1925–38, for salmon research.

The "McClinton Creek Sub-station," Graham Island (near Masset, B.C.) was operated from 1934–42, for pink salmon research.

5. FRB Halifax Laboratory, Halifax, N.S. 1924–73.

Established in 1924 as the "Fisheries Experimental Station (Atlantic)" at Halifax, it was renamed "Atlantic Fisheries Experimental Station" in 1934, "Technical Station, Halifax" in 1955, and FRB Halifax Laboratory in 1967.

It was responsible for the "Eastern Passage Laboratory", Halifax, from 1927–36.

The "St. John's Technological Unit" was operated by it from 1949 to 1972.

From 1966 to 1970, it operated the station at Grande Rivière, Quebec, under the name "Technological Station," Grande Rivière.

6. FRB Vancouver Laboratory, Vancouver, B.C. 1924–73.

Established at Prince Rupert, B.C. in 1924 as the "Fisheries Experimental Station (Pacific)," renamed "Pacific Fisheries Experimental Station" (Prince Rupert), 1934, and relocated in Vancouver in 1942 as the "Pacific Fisheries Experimental Station" (Vancouver). Subsequently it was known as (in 1955) "Technological Station, Vancouver"; (1962) "Technological Research Laboratory"; (1966) "FRB Technological Laboratory"; and (1967) "FRB Vancouver Laboratory." It has a detachment located in the Pacific Environment Institute (see 12).

Vancouver Laboratory administered the Technological Unit, London, Ontario from 1964–66.

7. Gaspé Fisheries Experimental Station, Grande Rivière 1936–66.

Administration transferred in 1966 to Halifax Laboratory, which operated it as a Technological Station until 1970, when it was closed.

8. FRB Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba 1944–73.

Originating in part as the "Central Fisheries Research Station" in Winnipeg in 1944, this became the "Biological Station, Winnipeg" in 1955, and the "Biological Station, London" Ontario, from 1957 to 1966.

8(a). In 1955 the "Great Lakes Sea Lamprey Control Investigation" set up a Temporary Station at Sault Ste Marie. In 1957 this became the "Biological Station, London" for researches on the Great Lakes, replacing "Biological Station, Winnipeg" and the lamprey control headquarters in Sault Ste Marie. It operated Substations at Hay River, N.W.T., for Great Slave Lake; also one at Heming Lake; and lamprey control at Sault Ste Marie.

8(b). The "London Technological Unit" was formed in 1955, and shared quarters with the "Biological Station, London" until 1966, when both became part of the new "FRB Freshwater Institute" in Winnipeg. It was administered from 1964 to 66 by Vancouver Laboratory.

8(c). The Sea Lamprey Control Experimental Station in Sault Ste. Marie, built in 1965, was staffed from Biological Station, London in summer 1965, and in July 1966 was transferred from FRB to the Department (of Fisheries and Forestry).

8(d). Under the Winnipeg or London Biological Stations, the North West Fisheries Investigations, 1944 became Great Slave Lake Investigation, 1944–47, and Mackenzie River and Great Bear Lake Investigations.

8(e). Also, the Eastern Arctic Fisheries Investigation (1947–49) in Ungava Bay became the "Arctic Biological Station" in the 1960s.

8(f). A Great Lakes Unit, maintained at Burlington, Ontario, in the Canada Centre for Inland Waters, became a separate establishment in 1972.

8(g). Although the Board did not operate a freshwater station between 1914 and 1943, it conducted many studies on inland waters. These included: the Jasper Lakes Investigations of 1925–26 and the Prairie Provinces Investigations of 1927–33, with use of a laboratory at the University of Manitoba; support for certain investigations of the Ontario Fisheries Research Laboratory during the 1920s, which were subsequently continued by the Winnipeg station. Research on both freshwater and anadromous fishes in eastern and western lakes was also carried on by the St. Andrews and Nanaimo stations.

9. FRB Biological Station, St. John's, Newfoundland (1949–73).

Formed from the Newfoundland Fisheries Station (1930–48) when Newfoundland joined Canada, it became one of the FRB establishments in 1949. It took over the "St. John's Technological Unit" in 1972.

10. FRB Arctic Biological Station, Ste. Anne de Bellevue, Quebec 1955–73.

This station developed as the "Arctic Unit (Montreal)" in 1955 from the Eastern Arctic Fisheries Investigation (see 8e) and became the "Arctic Biological Station," in Montreal, in 1963. In 1965 it was relocated in Ste. Anne de Bellevue.

11. FRB Marine Ecology Laboratory, Dartmouth, N.S. 1965–73.

Formerly the Atlantic Oceanographic Group (see 3a) this establishment is located in the Bedford Institute of Oceanography.

12. Pacific Environment Institute, West Vancouver, B.C. 1971–(1973).

The Pacific Oceanographic Group, based at Nanaimo from 1946 to 1971, became part of the Institute in that year.

13. FRB Great Lakes Biolimnology Laboratory, Burlington, Ontario 1972–73.

Formerly the Great Lakes Unit of the Freshwater Institute, it became an independent establishment in 1972, and shares accommodation in the Canada Centre for Inland Waters.

References

CARTER, N. M. 1968. Index and list of titles, Fisheries Research Board of Canada and associated publications, 1900–1964. Bull. Fish. Res. Board Can. 164: 649 p.

1973. Index and list of titles, Fisheries Research Board of Canada and associated publications, 1965–1972. Fish. Res. Board Can. Misc. Spec. Publ. 18: 588 p.

HACHEY, H. B. 1965. History of the Fisheries Research Board of Canada. Fish. Res. Board Can. MS Rep. (Biol.) 843: 499 p.

RIGBY, M. S., AND A. G. HUNTSMAN. 1958. Materials related to the history of the Fisheries Research Board of Canada (formerly the Biological Board of Canada) for the period 1898–1924. Fish. Res. Board Can. MS Rep. (Biol.) 660: 272 p.

Les séries de Rapports de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada comprennent des comptes rendus d'études et de symposiums et des rapports spéciaux.

Rapport nº 1 — «The Way Ahead» Colloque marquant le 75e anniversaire de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.

RAPPORT DE L'ORP

L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisations[1]

W. E. RICKER

Table des matières

2 RÉSUMÉ

2 ABSTRACT

2 PRÉFACE

3 INTRODUCTION

4 FAUNE ET FLORE

5 STRUCTURE ET FONCTION
- Anatomie et développement
- Biochimie
- Physiologie

6 SENS ET COMPORTEMENT

7 DISTRIBUTION ET DÉPLACEMENTS DES STOCKS DE POISSONS
- Région de l'Atlantique
- Région du Pacifique
- Saumon
- Régions arctique et intérieure

9 GESTION DES PÊCHES
- Dynamique des stocks de poissons
- Région de l'Atlantique
- Région du Pacifique
- Région intérieure

14 GESTION DES MAMMIFÈRES MARINS

14 ENGINS ET MÉTHODES DE PÊCHE

15 PARASITES ET MALADIES

16 MANUTENTION ET ENTREPOSAGE
- Manutention et transfert du poisson
- Entreposage à froid et congelé
- Transport et étalage
- Saveur et détérioration
- Inspection du poisson et des usines de transformation

18 TRANSFORMATION ET PRODUITS
- Fumage
- Salage et séchage
- Conserve
- Transformation en huile et farine
- Autres procédés

19 PROPAGATION ARTIFICIELLE ET REHAUSSEMENT
- Mise en liberté d'alevins
- Élevage en étang et alimentation supplémentaire
- Chenaux de fraie
- Techniques de pisciculture et croisements sélectifs
- Transplantation et acclimatation
- Autres mesures

22 AQUICULTURE ET MAINTIEN EN VIVIER
- Poissons
- Huîtres
- Crustacés

23 LE MILIEU AQUATIQUE — OCÉANOGRAPHIE ET LIMNOLOGIE
- Région de l'Atlantique
- Région du Pacifique
- Région arctique
- Estuaires
- Région intérieure

25 POLLUTION
- Déchets industriels et domestiques
- Effets sur les animaux aquatiques

26 REMERCIEMENTS

26 RÉFÉRENCES

26 ANNEXE

[1]Version française de «Perspectives», publié dans le *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada*, 1975, 32(8): 1465–1490.

Résumé

RICKER, W.E. 1975. L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisations. FRB Report No. 2: 1–28.

L'idée de confier à un groupe d'individus compétents en dehors de la fonction publique la supervision de la recherche gouvernementale prit naissance, au Canada, dans le domaine des sciences aquatiques et des pêches. En 1898, on établissait un office de gestion honoraire chargé de fonder et de gérer une station biologique sur la côte de l'Atlantique. Les responsabilités de cet office allant en s'accroissant, on lui donna le nom d'Office de biologie du Canada et enfin celui d'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. À partir de 1973, l'Office a cessé d'avoir la responsabilité directe de la gestion des stations de recherche, mais il continue comme organisme consultatif.

Durant la période 1898–1972, l'Office fournit les facilités nécessaires à la poursuite de recherches originales sur les animaux et les plantes aquatiques, et les eaux qu'ils habitent, une bonne partie étant effectuée par des scientifiques attachés à des universités ou à des musées; il résolut plusieurs problèmes auxquels les gouvernements eurent à faire face en ce qui a trait à la localisation, l'évaluation, la gestion et l'accroissement des stocks de poissons; il a de plus aidé l'industrie des pêches avec des méthodes améliorées de capture, de manutention, de transformation et de commercialisation de ses produits. Les résultats d'intérêt immédiat des travaux de l'Office furent transmis à la communauté canadienne par le biais de rapports, publicité et contacts personnels. Les détails des découvertes scientifiques ont été publiés dans le Journal et autres publications de l'Office, alors que les résultats des recherches effectuées dans d'autres pays ont été examinés minutieusement et interprétés en vue de leur application au contexte canadien.

Abstract

RICKER, W.E. 1975. L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisations. FRB Report No. 2: 1–28.

The idea of having government research supervised by a group of knowledgeable individuals outside of the government service began, in Canada, in the field of aquatic science and fisheries. In 1898 an honorary Board of Management was set up to establish and manage a biological station on the Atlantic coast. As this Board's responsibilities increased it was renamed the Biological Board of Canada, and finally the Fisheries Research Board of Canada. Starting in 1973 the Board ceased to have direct responsibility for the management of research stations, but it continues as an advisory body.

During the period 1898–1972 the Board has provided facilities for original research on aquatic animals and plants and on the waters they inhabit, much of it done by scientists from universities and museums; it has solved many problems faced by governments in locating, evaluating, managing and increasing fish stocks; and it has assisted the fishing industry with improved techniques for catching, handling, processing and marketing its products. The immediately useful results of the Board's work have been made available to the Canadian community through reports, publicity and personal contacts. Details of scientific discoveries have been published in the Board's Journal and other outlets, while results of research done in other countries have been sifted and interpreted for their application to the Canadian scene.

Préface

Le concept de gestion de la recherche gouvernementale par un office honoraire, constitué en grande partie de scientifiques en dehors du gouvernement, a débuté au Canada dans le domaine des sciences aquatiques. On établissait en 1898 un Office de gestion de recherches sur les pêches et les sciences de la mer qui devint, par loi du Parlement, l'Office de biologie du Canada en 1912 et l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada en 1937. Ce concept fut adopté par

d'autres organisations au Canada et dans le monde entier, convaincues qu'elles étaient que la gestion de la recherche ne pouvait qu'y gagner par les conseils de scientifiques indépendants du gouvernement.

Le 1er janvier 1973, l'Office des recherches sur les pêcheries abandonna la responsabilité directe de la gestion de la recherche et devint un corps consultatif chargé d'évaluer l'efficacité du Canada au domaine des sciences halieutiques et de la mer. Ce nouveau rôle présente un défi pour l'Office, et quelque 10 études majeures sont en cours et seront publiées d'ici un an.

Il est important, à mon avis, que les réalisations de l'Office au cours de ses 75 années de recherche active soient mises en vedette. Je suis très reconnaissant envers M. E. E. Ricker, qui, durant plusieurs années, a servi l'Office dans des postes supérieurs, pour avoir bien voulu résumer ces réalisations.

J. R. Weir
Président

Introduction

On établissait en 1898 un Office de gestion constitué de biologistes universitaires et d'un représentant du ministère de la Marine et des Pêcheries, chargé de la construction et de la gestion d'une station biologique mobile que le gouvernement du Canada avait autorisée pour la côte atlantique. Cet Office assumait de plus une partie de la responsabilité d'une station d'eau douce à Go Home Bay, dans une île de la baie Georgienne, Ontario. En 1908, on décide d'établir en permanence la Station de l'Atlantique à St. Andrews, Nouveau-Brunswick. La même année, on fonde une station à Nanaïmo, Colombie-Britannique. En 1912, l'Office de gestion devient l'Office de biologie du Canada, fonctionnant sous l'empire d'une loi spéciale du Parlement. L'Office continue de gérer les deux stations maritimes, mais la Station de la baie Georgienne cesse ses opérations après 1913. En 1924, on élargit les cadres de l'Office en y incluant à la fois des représentants de l'industrie des pêches et une plus grande diversité de talents académiques. On établit également deux stations technologiques, l'une à Halifax, Nouvelle-Écosse, l'autre à Prince-Rupert, Colombie-Britannique. En 1937, l'Office change de nom et devient l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada, nom qu'il a conservé depuis. En 1973, cependant, il devient un office consultatif, et le Service des pêches et des sciences de la mer du ministère de l'Environnement assume la responsabilité directe des stations. Entre temps, on fondait, déménageait ou abolissait plusieurs stations et laboratoires sur le terrain. En 1949, on incorporait dans le réseau le Laboratoire des pêches du gouvernement de Terre-Neuve. Nous donnons en annexe une liste de tous les laboratoires et stations.

Au cours des 75 années passées en revue ici, le travail de l'Office visa à deux objectifs: (1) fournir des installations permettant de poursuivre des recherches originales sur les animaux et les plantes aquatiques et (2) solutionner les problèmes de gestion des pêches auxquels les gouvernements ont à faire face et, pour l'industrie, ceux de la capture, de la transformation et de la commercialisation des produits de la pêche. L'année 1925 peut être commodément considérée comme marquant le moment où l'on a déplacé l'accent du premier de ces objectifs vers le second, sans toutefois qu'il y ait eu changement brusque: on s'est appliqué à la solution de problèmes pratiques dès les premières années d'opération, et on fait encore aujourd'hui beaucoup de recherche exploratoire; en réalité, bien des projets visent aux deux objectifs. La recherche libre était en grande partie poursuivie par des chercheurs bénévoles, ordinairement attachés à une université ou à un musée, alors que les problèmes d'aspect plus pratique étaient réservés surtout aux employés de l'Office. Ici encore, cependant, il n'y eut pas de distinction précise; c'est ainsi par exemple que, durant la première décennie, le professeur A. P. Knight se chargeait d'étudier et de solutionner plusieurs problèmes pratiques de gestion, et des études sur les produits de la pêche et leur transformation commencèrent dès 1915. Suit une brève mention de quelques-uns des résultats les plus marquants du travail de l'Office de 1898 à 1972, y compris les recherches entreprises durant cette période, mais terminées plus tard.

La recherche, qui explore l'inconnu, doit de par sa nature même laisser derrière elle bien des hypothèses réfutées, bien des filons prometteurs qui ne donnent rien. On ne peut qualifier ces choses d'erreurs ou d'échecs, car elles contribuent toutes à augmenter nos connaissances et, dans certains cas, elles ont évité qu'on s'engage dans des voies non profitables. Par ailleurs, il est tout naturel qu'on s'étende sur les points qui ont été couronnés de succès: sans passer entièrement sous silence les

résultats négatifs, le compte rendu qui suit porte franchement davantage sur les réussites.

Une bonne partie du travail de l'Office s'est poursuivi avec la collaboration et l'aide d'autres secteurs du ministère des Pêches et de celui de l'Environnement, surtout développement des ressources, conservation et production, statistiques, inspection, développement industriel et sciences de la mer, ainsi que des secteurs de plusieurs autres ministères. De plus, certaines recherches furent poursuivies en collaboration avec l'administration des pêches d'une ou de plusieurs provinces, les commissions de pêches internationales ou l'industrie des pêches.

Les résultats des travaux de l'Office furent communiqués aux intéressés par contacts personnels, travaux de comités, démonstrations, mémoires, publicité dans les journaux, brochures et bulletins populaires, rapports manuscrits et publications scientifiques. Environ la moitié des contributions imprimées l'ont été dans les publications de l'Office, la balance dans des revues, livres et périodiques. L'un et l'autre groupes sont énumérés dans deux index complets (Carter 1968, 1973). Les publications de l'Office comprennent un Journal scientifique renfermant les résultats des recherches, des Rapports techniques englobant des rapports préliminaires et renseignements d'intérêt plus restreint et des Bulletins populaires ou scientifiques dans lesquels sont résumés les travaux effectués dans un domaine particulier. Deux séries de Progress Reports et plusieurs séries de Circulaires servirent à porter rapidement à l'attention du public les résultats obtenus. Il y a de plus trois séries de Rapports manuscrits et une série de Traductions contenant plus de 3000 publications étrangères importantes traduites par des employés de l'Office ou d'autres. L'Office accepte, pour ses publications scientifiques fondamentales, les manuscrits de tout auteur canadien ou étranger qui étudie les organismes aquatiques ou leurs milieux, y compris dans des domaines en dehors des activités de l'Office — l'économie des pêches par exemple.

Pour des raisons d'espace, nous ommettons généralement les noms des scientifiques dans ce qui suit, et n'identifions les stations que rarement. Nous faisons exception pour les auteurs de monographies importantes et pour un certain nombre de chercheurs à la retraite ou décédés et dont les noms sont associés de façon proéminente à des domaines de recherche particuliers.

Faune et flore

La collection et l'identification des animaux et des plantes aquatiques du Canada commencèrent au XIX^{e} siècle ou même avant, mais ce travail reçut son impulsion au moment où furent fondées les stations biologiques de l'Office. À chacun des cinq endroits où le Laboratoire flottant de l'Atlantique était stationné, on s'efforça de recueillir autant d'espèces que possible, y compris naturellement des poissons. Il en fut de même à la Station de Go Home Bay de 1901 à 1913 et aux Stations biologiques du Pacifique et de l'Atlantique de 1908 à nos jours. On ouvrit des champs d'études nouveaux avec les expéditions de la baie d'Hudson de 1920 et 1930, les recherches sur les lacs des prairies et les eaux des parcs nationaux durant les années 1920, les eaux de Terre-Neuve au Laboratoire de Bay Bulls à partir de 1930, les lacs et rivières arctiques et subarctiques en 1944–45 et de nouveau plus récemment, et les eaux marines arctiques à partir de 1947.

Bien que nous possédions maintenant des connaissances sur tous les groupes d'animaux et de plantes qui peuplent nos trois océans et nos eaux continentales, nous sommes encore loin d'avoir un catalogue complet des organismes aquatiques canadiens. Même les poissons ne sont pas complètement connus; des mentions nouvelles pour notre région apparaissent presque à tous les ans, et aussi récemment que 1967 on décrivait une nouvelle espèce de rascasse pourtant présente en quantité commerciale au large de la côte du Pacifique. Aux outils traditionnels des taxonomistes vinrent s'ajouter récemment plusieurs épreuves biochimiques (protéines du sang et du muscle, enzymes et isozymes) comme supplément aux caractères morphologiques servant à différencier les espèces, les variétés et les stocks individuels.

Les études poursuivies aux stations de l'Office contribuèrent de façon substantielle à la préparation de compendiums et de monographies sur des groupes particuliers. De fait, l'Office formula le projet de deux séries de publications sur la faune, une pour chaque côte, qui se proposaient de couvrir éventuellement tout le règne animal. Bien que le projet se soit avéré trop ambitieux, le travail de E. et C. Berkeley sur les vers polychètes du Pacifique demeure le guide par excellence de ce groupe. Les hydroïdes des deux côtes et de l'Arctique furent décrits très en détail dans trois monographies et plusieurs articles de C. McLean Fraser. Les mollusques furent eux aussi un sujet d'étude favori, surtout à la Station du Pacifique: son premier directeur, le révérend G. W. Taylor possédait une belle collection, et plusieurs chercheurs ajoutèrent par la suite à son œuvre. Il existe maintenant des manuels sur les mollusques comestibles, les bivalves de la zone intertidale et les perforateurs marins, tous signés de D. B. Quayle. Les crevettes, les crabes et autres crustacés furent étudiés intensivement, de sorte que les genres qui se trouvent dans tous nos océans sont assez bien connus. On a une monographie sur les étoiles de mer arctiques. On étudia à divers degrés les autres groupes d'invertébrés marins; aucun n'a été

complètement ignoré. Enfin, il existe des travaux détaillés sur les algues marines, tant de la côte orientale que de la côte occidentale.

Au domaine des eaux douces, les travaux poursuivis en été par E. M. Walker dans la baie Georgienne et aux deux Stations de Nanaïmo et de St. Andrews contribuèrent à ses monographies des libellules des genres *Aeshna* et *Somatochlora*, et, éventuellement, à l'étude en trois volumes des odonates du Canada. Aucun autre ordre d'insectes n'a été traité de façon aussi complète, bien qu'il y ait eu des travaux majeurs de publiés sur la classification et la distribution canadienne des moucherons, chaoboridés, éphémères, phryganes, perles, ainsi que des écrevisses, hydracariens et autres groupes.

L'intérêt principal de l'Office, cependant, fut toujours nos ressources piscicoles. Ses collaborateurs et employés firent d'importantes contributions à la systématique et la distribution des poissons, et l'Office publia plusieurs monographies décrivant la répartition des poissons dans presque tout le pays. La première, celle de W. A. Clemens et G. V. Wilby (1946 et 1961) traite des poissons de la côte du Pacifique; elle a été remplacée par celle de Hart, Pacific Fishes of Canada (1973). Pour la côte atlantique, la première publication d'importance fut celle de A. H. Leim et W. B. Scott en 1966, bien que V. D. Vladykov et R. A. McKenzie aient traité des poissons de mer de la Nouvelle-Écosse en 1935. Des manuels populaires qui font autorité sur les poissons d'eau douce de la Colombie-Britannique furent préparés par J. R. Dymond en 1932 (poissons de sport seulement) et par G. C. Carl et ses collaborateurs (1948–59), ce dernier publié par le Musée provincial de la Colombie-Britannique. Une monographie des poissons d'eau douce de la région du nord-ouest, par J. D. McPhail et C. C. Lindsey, parut en 1970. Dans l'est canadien, le travail de l'Office au domaine des eaux douces contribua à plusieurs études locales, alors qu'était publié en 1973 un compte rendu complet des poissons d'eau douce de tout le Canada par W. B. Scott et E. J. Crossman. Dans l'Arctique, Vladykov et Dymond décrivirent les poissons de la baie d'Hudson, et un travail approfondi des poissons de mer arctiques est en préparation. Une critique parue dans *Nature* (novembre 1974) complimente l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada pour ses publications de haut calibre sur les poissons et les pêches, et écrit: « By commissioning a series of excellent publications on the fishes of the major geographical regions of Canada, published in its Bulletin series, it has made the Canadian fish fauna the best documented in the world. »

Structure et fonction

Les professeurs et étudiants qui fréquentèrent les stations biologiques du début représentaient toutes les principales disciplines de la biologie. Parfois ils ne faisaient qu'apporter au bord de la mer les travaux qu'ils poursuivaient chez eux, mais la plupart du temps ils tiraient profit du matériel vivant que les eaux environnantes mettaient à leur disposition, et très souvent leurs travaux étaient orientés vers des espèces d'importance économique.

Anatomie et développement

On effectua aux stations quelques travaux anatomiques et histologiques détaillés, comme par exemple sur le pancréas de la raie de mer, la glande thyroïde du saumon, le tract digestif de l'huître américaine ou le système musculaire d'une crevette du Pacifique. Une des découvertes les plus intéressantes fut celle de A. A. Berkeley à l'effet que les crevettes changent de sexe: elles atteignent la maturité dans leur deuxième année comme mâles, pour devenir, dans leur troisième année, des femelles fonctionnelles. Dans le même domaine, H. L. Battle et plusieurs autres chercheurs décrivirent le processus de maturation, la fraie, l'œuf et le développement larvaire du hareng, de la laquaiche aux yeux d'or, du saumon, du homard, des crabes, de divers mollusques et autres animaux.

Des études d'anatomie comparée servirent à l'identification des stocks: c'est le cas, par exemple, des comptages d'écailles et de vertèbres de truite, de morue, d'aiglefin, de hareng et de pilchard effectués par un certain nombre de chercheurs, et de la monographie de V. D. Vladykov sur le crâne et le squelette caudal des saumons du Pacifique. On a également démontré que le nombre et la grosseur des œufs de saumon variaient non seulement en fonction de la taille du poisson, mais aussi d'un stock à l'autre, indépendamment de la taille.

Biochimie

La fascinante variété de formes et de structures observées chez les animaux aquatiques n'a d'égal que la diversité, également fascinante, de leur composition chimique. Il est sorti des institutions de l'Office plusieurs contributions à l'« anatomie biochimique », par exemple une étude systématique des stérols des principaux phylums marins. Une étude semblable des hormones stéroïdes des poissons aboutit à l'isolement d'un stéroïde sanguin inconnu à ce jour, le 11-kétotestostérone. La vie marine repose principalement sur le phytoplancton et les algues, et on entreprit récemment dans ce domaine des études biochimiques approfondies.

La biochimie comparée n'est pas, elle non plus, sans ses aspects pratiques. On a découvert que l'hormone stéroïde mentionnée plus haut accélérait la croissance des poissons d'élevage. Divers enzymes, protéines tissulaires, hémoglobines et autres subs-

tances ont été utilisés pour distinguer des espèces de poisson étroitement apparentées ou différents stocks au sein d'une même espèce. De la même façon, des essais biochimiques peuvent différencier les filets de morue de ceux de l'aiglefin ou le turbot du flétan, beaucoup plus sûrement que la dégustation et beaucoup plus facilement que l'examen microscopique. D'autres études permirent d'identifier les enzymes et le substrat qui produisent des composés à odeur désagréable après la mort du poisson, ce qui peut guider la recherche vers des préservatifs efficaces.

Physiologie

En plus d'être d'un grand intérêt intrinsèque et comparatif, la physiologie a également une importance pratique. Dans les débuts, plusieurs chercheurs étudièrent la production et l'isolement de l'insuline chez les poissons, travaux qui servirent de base en partie à son utilisation clinique chez les humains. Par ailleurs, les travaux physiologiques poursuivis dans les établissements de l'Office portèrent surtout sur la nutrition, l'énergétique et les tolérances.

On étudia les conditions de température, salinité, nourriture disponible qui favorisent une croissance maximale compatible avec un emploi économique de la nourriture, particulièrement chez le saumon et la truite. On fit également l'essai de divers régimes alimentaires et additifs; c'est ainsi par exemple qu'on découvrit que les androgènes favorisaient la croissance chez le saumon.

L'aptitude à la nage des poissons anadromes fut l'objet d'une attention spéciale en rapport avec leurs chances de surmonter les obstacles naturels ou artificiels dans une rivière. Des expériences servirent à déterminer la vitesse de nage maximale de plusieurs espèces de saumon et de truite steelhead à différentes températures, tant au moment de courtes poussées qu'à un taux soutenu. On se rendit compte que non seulement les espèces, mais les différents stocks d'une même espèce, différaient sous ce rapport.

Un autre aspect des migrations du saumon et de la truite étudié par l'Office fut l'énergie dépensée durant les longues semaines ou mois de la remontée en rivière. On découvrit, durant les années 1920, que les stocks de saumons provenant de tributaires proches de la mer ne pouvaient être transplantés en amont. Le fait fut confirmé 30 ans plus tard, quand on découvrit que ces saumons n'avaient pas les réserves énergétiques suffisantes pour de longues migrations. Semblablement, la maturation sexuelle s'accorde avec le temps de migration normal, et des délais inusités peuvent être dommageables. Chaque tributaire majeur d'une grande rivière a son propre groupe de stocks génétiquement distincts, à gammes différentes de caractères morphologiques et de performance physiologique. Au Laboratoire de Vancouver, on établit une relation entre les différences de performance natatoire et un allèle génétique particulier chez la truite steelhead. On a également déterminé les vitesses et l'endurance de nage des poissons de fond en relation avec les modalités d'évitement et de capture par un chalut en marche.

Connaître la tolérance des animaux adultes et larvaires à diverses combinaisons de facteurs ambiants peut aider à comprendre les variations de la reproduction d'une année à l'autre. C'est ainsi qu'on détermina le succès de l'éclosion et la survie des alevins de hareng du Pacifique et de plusieurs espèces de poisson de fond à diverses combinaisons de températures, salinités et teneurs en oxygène de l'eau. Des travaux semblables sur le homard à St. Andrews démontrèrent quelle gamme de variations de ces facteurs est compatible avec le succès du maintien à l'état vivant.

Sens et comportement

Les poissons possèdent tous les sens de l'homme et, semble-t-il, un ou deux en plus. Leur vision n'est pas des meilleures, parce que leurs yeux n'ont pas une très bonne résolution, mais le pêcheur à la ligne sait très bien qu'ils peuvent voir tout ce qui se passe tant dans l'eau que dans l'air au-dessus. La vision dans l'eau est sensible à de faibles intensités lumineuses et, à Nanaïmo, on profita de ce fait pour mettre au point un système de cables mobiles pour guider les smolts de saumon dans une passe d'évitement des dangereuses turbines.

La plupart des poissons ont le sens de l'ouïe bien développé, et le spectre de sensibilité a été mesuré en détail chez la morue. Des essais effectués à la Station de St. Andrews démontrèrent que la morue peut détecter d'un mille ou plus les bruits que font un chalutier et le chalut lui-même. Heureusement, ceci ne l'effraie pas — en fait, c'est plutôt le contraire. À l'aide d'un équipement photographique spécial, on étudia le comportement des poissons devant l'ouverture d'un chalut en marche. Les poissons peuvent produire leurs propres bruits; par exemple, des espèces tels la morue et l'aiglefin émettent des sons au moment de la reproduction, produits par des muscles attachés à la vessie gazeuse et agissant sur elle à la façon d'un tambour.

C'est par leur sens de l'odorat toutefois que les poissons excellent réellement: ils peuvent déceler des substances dissoutes à des concentrations extrêmement faibles et y réagir. On a observé que le saumon en voie de migration pouvait détecter et éviter des concentrations inférieures à une partie par billion de l'acide aminé L-sérine qui se trouve dans la peau des mammifères; le seul fait de mettre la main dans l'eau à la tête d'une passe migratoire est suffisant pour que le poisson fasse volte-face. De fortes doses de mélanges odoriférants, tel l'effluent

d'une papeterie, ne diminuent pas la sensibilité à cette odeur.

Pendant les trois premières décennies du siècle présent, l'aptitude du saumon à retourner à sa rivière natale fut l'objet d'une polémique enflammée. On hésitait fort à reconnaître chez cette espèce un comportement qui semblait à cette époque impossible, même si des populations de saumons frayant dans des rivières différentes ou même dans des tributaires différents possédaient dans bien des cas des caractères morphologiques très distinctifs. Cependant, le homing fut prouvé par de nombreux marquages effectués par l'Office et par d'autres, tant de saumons atlantiques que de saumons du Pacifique. Il y a naturellement toujours un certain degré de vagabondage, qui va de moins de 1% pour le saumon nerka à 10% ou plus pour le saumon rose. À l'autre extrême, on a vu un saumon atlantique retourner au même nid en deux occasions successives.

Les défenseurs du homing se doutaient depuis longtemps que le sens de l'odorat était impliqué, et la première expérience en vue de confirmer cette hypothèse fut effectuée en 1925 par E. H. Craigie. Il constata que des saumons nerka normaux marqués dans l'inlet Seymour atteignaient le fleuve Fraser 2.6 fois plus fréquemment que ceux dont les nerfs olfactifs avaient été coupés, et qu'un nombre 4 fois plus grand étaient recapturés dans le fleuve en amont de New Westminster. Des travaux plus récents confirment le rôle de l'odorat et démontrent que le saumon peut détecter l'odeur de sa rivière natale *et s'en souvenir* pendant toute sa vie en mer, de sorte qu'au moment du retour en eau douce, il choisit cette rivière. On découvrit par ailleurs que le *temps* de la migration était en grande partie un caractère héréditaire, de sorte que, par exemple, là où une montaison hâtive et une montaison tardive se produisent dans un même réseau fluvial, la progéniture des premiers saumons retourne au début de la saison, alors que les saumons de montaison tardive produisent une progéniture à montaison tardive. Même la transplantation dans un nouvel environnement ne change que très peu ou pas du tout le temps de la montaison.

Cependant, il faut au saumon un peu plus qu'un odorat sensible pour s'aventurer en mer à quelque mille milles des côtes et revenir ensuite à sa rivière natale. Des études poursuivies par l'Office sur des saumons nerka quittant les lacs démontrèrent qu'ils s'orientent par rapport au soleil ou à la polarisation d'un ciel clair lorsque ceux-ci sont visibles, mais qu'ils font appel à un autre mécanisme quand le ciel est couvert ou quand ils nagent en profondeur. Les mêmes sens peuvent être utilisés pour la navigation en pleine mer.

L'interaction entre les individus est un autre aspect du comportement qui fait que les poissons de certaines espèces défendent un territoire, alors que d'autres se rassemblent en bancs. Des études sur les deux groupes contribuèrent à définir la capacité de charge des lacs et rivières en espèces désirables. Les *changements* de comportement présentent un intérêt particulier; par exemple, le début de la « smoltification » — changements morphologiques et de comportement que subit le jeune saumon au moment où il se dirige vers la mer — est avancé par un régime artificiel de photopériode, ce qui peut améliorer la survie des saumons élevés en étang après remise en liberté.

Distribution et déplacements des stocks de poissons

Lorsqu'il s'agit d'animaux d'importance économique réelle ou potentielle, il est bon de connaître exactement leurs distributions horizontale et verticale à différentes époques de l'année; en particulier, où et quand ils se trouvent en concentrations exploitables. Dans le cas de pêches traditionnelles d'espèces telles que la morue et le saumon, les pêcheurs sont bien au fait, du moins en ce qui a trait aux engins de pêche conventionnels. Mais avec l'ouverture de marchés pour des espèces inutilisées jusqu'ici et l'avènement de navires plus grands et d'engins nouveaux, il fallut connaître de façon systématique l'abondance et les possibilités d'exploitation d'espèces de valeur potentielle dans toute l'étendue de nos océans et eaux douces.

Région de l'Atlantique

Les stations biologiques firent, dès leur début, des explorations de pêche, mais il y eut également une série d'efforts spéciaux de faits. L'Expédition des pêches canadiennes de 1914–15, formée de scientifiques norvégiens et canadiens, œuvra surtout dans le golfe Saint-Laurent, étudiant la répartition des stocks de harengs et recueillant de nombreux échantillons de plancton et données océanographiques. On s'était proposé de couvrir une superficie beaucoup plus grande, mais la première guerre mondiale interrompit le travail. Par ailleurs, on tarda à exploiter le hareng et, de 1944 à 1950, on entreprit une autre étude intensive du golfe et des eaux adjacentes, étude à laquelle participèrent le Canada, Terre-Neuve, Québec et les provinces Maritimes, et dont les quartiers généraux furent à St. Andrews. Cette étude fit connaître la distribution saisonnière de certains stocks et suggéra des méthodes d'exploitation pour en tirer profit. On se rendit compte plus tard qu'un grand nombre de harengs qui fraient dans le golfe Saint-Laurent méridional se déplacent vers le sud-ouest de Terre-Neuve en hiver, où ils sont aujourd'hui l'objet d'une importante pêcherie.

Pendant les années 1930, le Laboratoire de Terre-Neuve affréta un chalutier dans le but

d'explorer les bancs et chenaux du voisinage de l'île. On découvrit plusieurs grandes populations de plies canadiennes et d'aiglefins le long de la partie méridionale du Grand banc. Des records détaillés de la distribution des poissons de mer devinrent partie importante du travail de l'Office dès qu'il eut des navires convenables à sa disposition, une portion, du travail étant effectuée en collaboration avec le Service d'expansion industrielle. Les principales découvertes de W. Templeman et ses collègues sont celles de stocks de sébastes en eau profonde tout autour de Terre-Neuve, de morues en eau profonde au large du Labrador, de flétans du Groenland et de grenadiers communs au large du Labrador et de l'île Baffin, de sébastes pélagiques au-delà du plateau continental et jusqu'au Groenland, de capelans à la partie méridionale du Grand banc et dans la baie Trinité, de même que des populations locales de plies grises, de flétans du Groenland et autres. Ce travail a été effectué en grande partie au chalut, mais il fut également démontré qu'on pouvait aussi capturer de bonnes quantités de grandes morues à la palangre à quelque distance de la côte terre-neuvienne, où elles se concentrent en profondeur le long d'une barrière thermique. Parmi les invertébrés, ces explorations conduirent à la découverte de stocks de pétoncles, de mactres de l'Atlantique, de crevettes, de crabes des neiges et de crabes rouges.

Pour la plupart des espèces, surtout la morue, l'aiglefin et le hareng, les régions habitées par des stocks semi-discontinus furent délimitées à l'aide de marquages, ainsi que leurs migrations saisonnières, surtout vers l'intérieur et vers l'extérieur du golfe Saint-Laurent. D'un intérêt particulier pour la gestion fut la découverte que, dans certains cas, le même stock de morues ou de harengs était pêché à deux endroits différents, de sorte que le taux d'exploitation était beaucoup plus élevé qu'on ne l'avait supposé.

Région du Pacifique

On poursuivit des explorations du même genre sur la côte du Pacifique. On identifia des stocks de morues du Pacifique et de plusieurs espèces de poissons plats, surtout à des profondeurs variant de faibles à modérées, et on détermina, à l'aide de marquages, les migrations de fraie de ces espèces. En eau profonde, on établit la distribution géographique de la rascasse et autre scorpènes près de l'accore du plateau continental, de l'Alaska occidental à l'Orégon, mais particulièrement dans le détroit de la Reine-Charlotte et le détroit Hécate. On estime que le rendement annuel potentiel de la rascasse en ces deux derniers endroits dépasse les prises totales canadiennes de poissons de fond en 1972 au large de la Colombie-Britannique. Des stocks utilisables de crevettes furent localisés dans plusieurs régions, stocks qui pourraient supporter une pêcherie probablement cinq fois plus grande que celle qui existe présentement; les explorations de pêche de grandes crevettes dans les petits bras de mer de la terre ferme donnent des résultats prometteurs.

Saumon

La distribution et les migrations des saumons, tant dans l'Atlantique que dans le Pacifique ont fourni un champs de recherche à la fois complexe et excitant. Jusqu'aux années 1920, le saumon était généralement considéré comme une espèce côtière. Certains affirmèrent même qu'il ne quittait que rarement la zone d'influence de sa rivière natale. Ce point de vue extrémiste ne tint plus après 1926, alors que des expériences de marquage sous la direction de C. H. Williamson démontrèrent que le saumon chinook en route vers le fleuve Columbia et la rivière Sacramento se rencontrait en nombre considérable tout le long de la côte de la Colombie-Britannique. Dix ans plus tard, des pêcheurs japonais capturaient en quantités commerciales trois espèces de saumon depuis Hokkaidō jusqu'aux îles Aléoutiennes et dans la mer de Béring. La guerre interrompit la pêcherie japonaise, mais celle-ci reprit de plus belle et sur une grande échelle peu après, dans les cadres d'un traité limitant cette pêche aux eaux situées à l'ouest du méridien 175°W. Ce « principe d'abstention » avait pour but de protéger les stocks nord-américains de saumons pleinement exploités (de même que le flétan et le hareng), mais était sujet à révision sous les auspices de la Commission internationale des pêches du Pacifique-Nord nouvellement formée. Comme la ligne de démarcation était sujette à négociation, il fallait connaître exactement l'endroit où les différents stocks des cinq espèces passaient leur temps en mer. Les caractères des écailles et la morphométrie furent d'une certaine valeur, et des saumons marqués en mer furent recapturés dans les pêcheries côtières ou en eau douce. Mais la preuve la plus convaincante provint d'une découverte de la Station de Nanaïmo, à savoir qu'il existait quelques parasites particuliers aux saumons asiatiques et américains respectivement. Ceci permit l'identification positive du continent d'origine de quelques poissons et, dans le cas d'un parasite, du réseau fluvial même d'origine. On sait aujourd'hui que la distribution océanique des saumons nerka et keta chevauche quelque peu celle des mêmes espèces du Kamchatka. Considérant les stocks asiatiques et nord-américains dans leur ensemble, cinq espèces d'*Oncorhynchus*, en plus de la truite steelhead, peuvent être capturées d'un bord à l'autre du Pacifique, au sud jusqu'à une barrière thermique d'environ 14 C.

L'interception des saumons canadiens par les pêcheurs américains et vice-versa est un éternel problème qui s'aggrava pendant les années 1960. Des marquages fournirent une base factuelle aux difficiles négotiations au cours desquelles le Canada s'efforce de minimiser de telles interceptions et d'assurer un partage équitable d'une balance qu'il est impossible d'éviter.

Dans le cas du saumon atlantique, on découvrit une situation semblable pendant les années 1960, au moment où se développa une importante pêcherie au large du Groenland occidental, commençant dans les eaux côtières, pour s'étendre ensuite à la haute mer. De nouveau, des marquages, de smolts cette fois, révélèrent qu'il y avait mélange des saumons des deux continents. Plus récemment, des caractères biochimiques permirent d'obtenir chaque année de bons estimés des proportions de poissons canadiens et européens capturés. Un trait particulier est que seuls les saumons qui passent deux hivers ou plus en mer sont capturés dans cette pêcherie; les saumons qui retournent en rivière après seulement un hiver ne semblent pas se déplacer aussi loin au nord. Comme résultat, la diminution de l'abondance relative des grands saumons dans nos rivières s'est grandement accélérée. Grâce à ce genre de renseignements, des représentations ont réussi à réduire le nombre de saumons capturés en haute mer, et des accords dans les cadres de l'ICNAF prévoient l'arrêt de la pêche en haute mer en 1976.

Régions arctique et intérieure

En 1920 et de nouveau en 1930, on envoya des expéditions dans la baie d'Hudson afin de voir si elle contenait des concentrations commerciales de poissons commestibles et sinon, pour quelles raisons. On n'en a malheureusement pas trouvé, car, en dépit de sa latitude relativement méridionale, la baie se refroidit suffisamment en hiver pour congeler le sang des poissons de mer ordinaires. Les poissons utilisables qu'on y rencontre sont l'omble de fontaine, l'omble chevalier et les ciscos, qui peuvent se refugier dans les rivières en hiver, et une forte population de capelans.

En 1947 commença la série *Calanus* d'expéditions dans l'Arctique oriental. Ces expéditions doivent leur nom au navire de recherche utilisé, nommé lui-même d'après un copépode qui est à la base de l'alimentation de plusieurs poissons de mer. On collectionna des poissons et des invertébrés, ainsi que des observations océanographiques, surtout autour de l'île Baffin et dans la baie d'Hudson septentrionale La Station de biologie de l'Arctique poursuivit le travail et entreprit des études semblables dans l'Arctique occidental. Les accès est et ouest de l'Arctique reçoivent suffisamment d'eau des océans avoisinants pour qu'un certain nombre de plies et de morues préférant les eaux froides puissent y vivre en populations modérément grandes. Dans les eaux littorales du golfe du Couronnement, on trouve jusqu'à quatre espèces de morues, se tenant généralement dans des habitats séparés, caractérisés par des températures et des salinités différentes. Cependant, par tout l'Arctique, l'omble chevalier est l'espèce préférée des résidents et des visiteurs.

Dans les eaux intérieures, on eut moins besoin d'exploration, et d'ailleurs, les poissons d'eau douce sont de juridiction provinciale dans la plupart des provinces. Cependant, après la seconde guerre mondiale, l'Office prit en charge une étude de deux ans sur les grandes rivières et lacs du Nord, dans le but d'en évaluer le potentiel halieutique. On constata que le Grand lac des Esclaves possédait des stocks importants et une bonne productivité. Il en est résulté une pêche commerciale qui donne aujourd'hui environ 25 millions de livres par année. Bien que beaucoup moins productives, d'autres eaux sont quand même présentement exploitées. Vingt ans après cette étude, une série de lacs un peu plus petits et situés plus au nord furent étudiés pendant plusieurs étés, et on fit une étude de productivité spéciale dans l'île Victoria.

Gestion des pêches

Dynamique des stocks de poissons

Les recherches visant à supporter ou à améliorer la gestion de nos pêches ont toujours été un aspect majeur du travail de l'Office. En principe, ceci comporte une estimation de chaque stock, de la fraction capturée annuellement par le Canada et les autres pays, de son taux de renouvellement par croissance et addition de nouvelle recrues, des effets de l'utilisation sur la taille et l'âge des poissons capturés, des variations d'une année à l'autre dans le recrutement, et des prévisions d'abondance et de captures dans le cas de stocks qui subissent de rapides fluctuations. Quand la pêche devient intensive, il est nécessaire également de considérer l'interaction entre différents stocks et différentes espèces — soit comme compétiteurs alimentaires, soit comme prédateurs et proies. Un autre problème consiste à connaître combien de poissons adultes sont nécessaires à un recrutement adéquat, établissant la moyenne entre les bonnes et les mauvaises années pour ce qui est des conditions du milieu. Les scientifiques de l'Office apportèrent des contributions majeures à tous ces aspects de la dynamique des populations.

En 1918, A. G. Huntsman démontrait de façon quantitative comment la pêche cause une diminution de taille et d'âge moyens des poissons d'une population et, si le recrutement demeure le même, une réduction du stock également. Bien qu'il ait été

devancé de deux ans par un scientifique russe, le Dr Huntsman fut le premier à donner, dans une langue occidentale, une description du « fishing-up effect » (effet de pêche en essor) qui est la clé de la compréhension du développement historique de la plupart des pêcheries. Les fortes prises et l'excellente pêche du début persistent aussi longtemps que la pêche prélève les stocks accumulés de poissons âgés. Une fois ces poissons disparus, la pêche doit dépendre d'additions courantes, et l'envergure de ce recrutement annuel prend alors une importance majeure. Ce n'est pas tout, car chaque fois qu'il y a surexploitation, le processus de restauration vers une structure d'âge plus avancé exige que la prise par unité de recrutement soit moindre que le niveau d'équilibre, et ce pour un certain nombre d'années après que le taux optimal d'exploitation a été atteint — ce qui est toujours une opération douloureuse.

Comme si ce n'était pas suffisant, un scientifique de l'Office découvrit par la suite que, indépendamment du « fishing-up effect », à un stade plus avancé d'intensification de la pêche, les prises disponibles, quel que soit le taux d'exploitation ou le nombre de géniteurs adultes, sont plus fortes que dans le cas d'une pêcherie stable ou en voie de diminution; il en est particulièrement ainsi quand des stocks à productivité naturelle différente sont pêchés en commun. Ces effets apparaissent le plus clairement si les poissons sont capturés dans la dernière année de leur vie, et expliquent l'apparente diminution de productivité de plusieurs montaisons de saumons du Pacifique.

Le nombre de recrues qui s'ajoutent chaque année à un stock commercial dépend en partie du climat de l'eau au moment de la fraie et au début de la vie. On a fait des progrès dans l'identification des conditions favorables à chaque espèce et de là vers des prédictions sur les prises futures, mais il reste encore beaucoup à faire. La grandeur du stock reproducteur est l'autre facteur dont dépend le nombre de recrues produites annuellement. Les recherches de l'Office démontrèrent une variété de schémas de recrutement, y compris la découverte que le nombre absolu de recrues peut être beaucoup plus grand à des grandeurs intermédiaires de stock que lorsque les géniteurs sont soit abondants, soit rares. Ceci explique pourquoi le « fishing-up effect » du paragraphe précédent est parfois masqué — à mesure que le vieux stock diminue, il y a augmentation compensatrice du nombre de recrues. Cependant, ce schéma est parfois absent et, de toute façon, doit avoir une limite. Si un stock reproducteur est *trop* réduit, il en résulte un nombre de recrues insuffisant. Ceci s'est produit en différents endroits et à différentes époques chez divers stocks de saumons, harengs, pilchards et poissons de fond. Pour obtenir un rendement maximal des recrues disponibles, on détermine la meilleure taille minimale et le meilleur taux d'exploitation, en conservant l'équilibre entre le rythme de croissance et le taux de mortalité naturelle au sein de la population; on utilise ces données comme guide dans la règlementation des mailles de filet.

Avant de faire de telles analyses, il fallut d'abord connaître la croissance, la mortalité et le taux d'exploitation d'un certain nombre de stocks — tâche peu facile quand on réalise que les poissons sont cachés aux regards la plus grande partie de leur vie. On s'est occupé activement, dès les deux premières décennies du siècle présent, à développer des méthodes d'estimation du rythme de croissance, et une contribution canadienne fut la modification apportée par C. McLean Fraser aux calculs de proportionnalité basés sur les annuli de l'écaille, pour tenir compte de l'intervalle qui précède la formation de l'écaille. D. B. DeLury et autres développèrent ou adoptèrent, pour usage au Canada, des méthodes de recensement, en particulier celles des « variations du succès de la pêche » et de « marquage et recapture ». Des marquages de grande envergure de morues, d'aiglefins, de harengs et de divers poissons plats et saumons fournirent des renseignements sur l'abondance des principaux stocks, bien qu'il eut fallu y aller avec beaucoup de précaution lorsqu'il s'est agi d'ajuster les données pour tenir compte de rapports incomplets et diverses autres erreurs systématiques. Une revue générale des problèmes et techniques de la dynamique des populations de poissons, publiée par l'Office, a été adoptée comme manuel sur le sujet dans le monde entier.

Région de l'Atlantique

Bien que nos poissons de fond de la côte est, la morue en particulier, fussent exploités à l'échelle internationale depuis des siècles, ce n'est qu'en ces dernières années que l'exploitation en est devenue suffisamment intensive pour être soumise à des règlements de conservation. On établit en 1950 la Commission internationale des pêches du Nord-Ouest de l'Atlantique (ICNAF). Le Canada joua en ceci un rôle de premier plan, et les premiers quartiers généraux de la Commission furent à la station de l'Office à St. Andrews. La Commission réunit les statistiques et les résultats des recherches de tous les pays qui pêchent dans la région allant du Groenland occidental à la côte orientale des États-Unis, décréta l'emploi de mailles plus grandes pour permettre aux petits poissons de s'échapper et établit récemment des contingents nationaux. Par ailleurs, les recherches sur les poissons de fond par le Canada et Terre-Neuve commencèrent bien avant, soit durant les années 1920 et 1930. Comme nous l'avons dit plus haut, ces recherches étaient de nature exploratoire, mais c'est à cette époque

que l'on découvrit la composition en âge, la croissance et les déplacements de plusieurs stocks.

La morue est toujours le poisson comestible le plus important de notre côte orientale. On a identifié quelque 12 stocks principaux, après plusieurs années d'échantillonnage biologique et de retours de marques. On étudia également l'aiglefin, la goberge, ainsi que les divers pleuronectes et merluches. En tout, 59 stocks de poisson, y compris 18 espèces de tous types écologiques, sont maintenant soumis à des contingents internationaux fixés par l'ICNAF. Tous les contingents et autres règlements sont sujets à révision annuelle, ce qui exige un volume important de recherches pour servir de base à un chiffre convenable.

Des espèces, tels l'aiglefin au large de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse, ne se reproduisent avec succès que sporadiquement, et les recensements de l'Office permettent de prédire les périodes d'abondance et de rareté dans ces pêcheries. D'autres espèces subissent des fluctuations semblables mais moins extrêmes. Les recensements de l'Office permirent également de prédire la marche du « fishing-up effect » mentionné plus haut et le déclin inévitable de la taille moyenne des poissons capturés, ce qui permit à l'industrie de faire les ajustements nécessaires dans la transformation et l'emballage.

L'expansion rapide de la pêche du hareng de l'Atlantique depuis 1960 posa des problèmes de gestion particuliers. Les prises canadiennes de hareng de l'Atlantique ont augmenté de moins de 100,000 tonnes à la fin des années 1950 à plus de 500,000 tonnes au milieu des années 1960. L'entrée des pays étangers dans cette pêcherie compliqua la gestion. Comme résultat, les quantités totales prélevées à même les stocks de tout l'Atlantique Nord-Ouest atteignaient près d'un million de tonnes en 1968 et 1969, pour diminuer par la suite à 500,000 tonnes. Des prises temporairement bonnes sont naturellement caractéristiques de la période d'essor de la pêche, mais les recrutements récents ont été décevants et il y a grand danger que les stocks reproducteurs ne soient devenus trop petits pour assurer une reproduction adéquate. La plupart des stocks de harengs sont maintenant soumis à des contingents destinés à les ramener à leurs niveaux optimums. Il s'est aussi produit des changements qualitatifs. Les fortes concentrations de harengs trouvées récemment au large de la côte sud-ouest de Terre-Neuve sont en grande partie de la variété qui fraie en automne et provient du golfe Saint-Laurent méridional, et qui entreprend des migrations annuelles d'entrée et de sortie du golfe. Pendant les années 1940, les harengs de cette région provenaient en majorité des stocks locaux frayant au printemps. Le stock actuel (1972) est constitué principalement de la classe d'âge dominante pondue en automne 1958 et au printemps 1959, et dont le succès peut être lié au vide causé par une réduction des stocks du golfe à la suite d'une épizootie en 1954–56.

Le saumon atlantique fut toujours une petite partie, mais une partie de valeur, de la pêche commerciale de la côte est, et un poisson de choix pour les pêcheurs sportifs. Des marquages effectués sur les rivières Little Codroy, Miramichi et Petitcodiac démontrèrent que le taux d'utilisation commerciale des saumons plus grands que les grilses était de 75% ou plus, même avant le début de la pêcherie du Groenland. Les pêcheurs à la ligne, d'autre part, peuvent capturer 50% de la balance. D'autres études permirent de définir le nombre de géniteurs requis dans les principaux cours d'eau, et leur capacité à supporter des tacons et des pré-smolts, alors qu'on mit au point des méthodes d'électropêche pour en déterminer les nombres réels. Ces méthodes sont maintenant d'usage routinier: par exemple, lorsqu'il s'agit d'évaluer les effets de la pollution ou le temps de récupération après surexploitation. Un peu plus tôt, on avait fait des essais avec des crues artificielles dans le but d'attirer les saumons dans de petites rivières pour une pêche sportive d'été, mais les résultats furent marginaux et insuffisants pour justifier les coûts.

Les scientifiques de l'Office jouèrent un rôle majeur dans le développement de pêcheries de grands poissons pélagiques au large de la côte de l'est. Des recensements démontrèrent que les stocks d'espadons étaient sous-exploités, et des démonstrations de nouvelles méthodes de récolte et de nouvelles aires de répartition contribuèrent à quadrupler la récolte d'espadons entre les années 1950 et 1960. Malheureusement, cette pêcherie a dû être abandonnée, du moins temporairement, à cause du mercure qui se trouve dans les chairs à l'état naturel à un niveau supérieur à ceux qui sont présentement tolérés. On découvrit également l'abondance et la distribution saisonnière du thon rouge et de la thonine à ventre rayé au large de la côte est de l'Amérique du Nord. Ceci donna naissance à une pêche sportive dans le golfe Saint-Laurent et à une pêche commerciale du thon, dans la base est au Nouveau-Brunswick et qui, depuis, s'est étendue surtout au Pacifique tropical-est et à la côte occidentale d'Afrique.

La pêcherie de homard est caractérisée par de nombreux stocks locaux sur le littoral, tous intensivement exploités à l'aide de casiers appâtés. Il y a de plus une population éparpillée en eau profonde. Le premier travail orienté vers la gestion que l'Office poursuivit sur le homard fut de déterminer la meilleure taille minimale qui assurerait le meilleur revenu à différents endroits, et de spécifier un espacement des lattes des casiers suffisant pour permettre aux « courts » de s'échapper. Ce qui veut dire qu'il fallu des estimés du rythme de croissance et du taux de mortalité naturelle. À cette fin, on

mit au point d'ingénieuses méthodes de marquage. Un autre problème est celui du râclage mécanique de la mousse d'Irlande (une algue), opération qui tue un nombre appréciable de homards. Récemment, la commercialisation du crabe des neiges et du crabe rouge s'est avérée rentable, et les deux espèces posent des problèmes à peu près semblables à ceux du homard.

D'autres invertébrés de commerce se rencontrent au large et posent des problèmes semblables à ceux des poissons, y compris celui de la règlementation internationale. Dans le cas des pétoncles de la baie de Fundy et du banc Georges, on a pu, à la suite d'études océanographiques et biologiques, expliquer les variations de classes d'âge et établir une base de règlementation. À Terre-Neuve, l'encornet est une boëtte de valeur, mais sa disponibilité est extrêmenent variable d'une année à l'autre. Des explorations de pêche sur le Grand banc permettent d'en prédire l'abondance deux mois à l'avance, et on a démontré des méthodes qui requièrent moins de main d'œuvre que la turlutte traditionnelle.

Plusieurs autres poissons et pêcheries de la côte de l'est furent étudiés par l'Office ce qui eut pour résultat une amélioration des méthodes de gestion: comme exemples, on peut citer l'éperlan, l'alose, le gaspareau, les anguilles, la merluche, le brosme, la plie grise et la plie rouge. Le grand problème de la gestion provient du fait que nous pêchons de plus en plus les maillons inférieurs de la chaîne alimentaire — c'est-à-dire que nous capturons de grandes quantités d'espèces abondantes et petites, tels le capelan et le hareng, qui sont la source principale de nourriture d'animaux plus grands, tels la morue et le phoque du Groenland. Il faudra bientôt établir des priorités, ce qui exigera à la fois des connaissances biologiques et des décisions politico-économiques.

Région du Pacifique

Les pêches canadiennes du Pacifique ont été dominées par cinq espèces de saumons, le flétan et le hareng. D'autres espèces virent leur importance s'accroître récemment, mais, à cause de l'étroitesse du plateau continental occidental, les poissons de fond et les crustacés ne peuvent jamais atteindre la position dominante qu'ils ont sur la côte de l'est du Canada. J. P. McMurrick et A. Willey entreprirent des recherches sur la croissance, les migrations, etc. du saumon et du flétan dès les premières années de la station du Pacifique; les études sur le hareng furent lancées par C. McLean Fraser. Cependant, les recherches sur le flétan furent d'abord confiées au gouvernement provincial et, en 1923, à la Commission internationale du flétan du Pacifique. Les travaux sur le hareng et le saumon se poursuivirent sans interruption par M. Fraser et autres, et bientôt s'ajoutèrent d'autres espèces, par exemple la lingue, les rascasses, crabes, coques, varech et lions de mer. Tant pour le saumon que pour le hareng, le problème de gestion fondamental fut de connaître le nombre de géniteurs requis pour produire une récolte maximale — ce qui n'est pas la même chose qu'un recrutement maximal, bien qu'au début on ne réalisait pas la différence.

Pendant les années 1920 et 1930, le travail de l'Office sur le saumon du Pacifique porta surtout sur les migrations, la propagation artificielle et le rehaussement des stocks, comme on l'a décrit ailleurs. Cependant, une étude spéciale du réseau de la rivière Cowichan par Ferris Neave et autres fournit des données pour la gestion de ses populations de truites et de saumons. Une autre étude importante fut l'échantillonnage systématique et la publication de la composition en taille et en âge du saumon nerka des principales pêcheries, d'année en année. Cette série, commencée pour le compte du gouvernement provincial en 1914 par C. H. Gilbert et poursuivit après 1924 par W. A. et L. S. Clemens à Nanaïmo, fut indispensable à l'interprétation des changements qui se produisirent dans les pêcheries de saumon nerka et chez les poissons eux-mêmes, et pour fixer les taux d'exploitation actuels.

Pendant la période d'après-guerre, l'Office mit sur pied un programme de recherches majeures sur la production des saumons dans la rivière Skeena et des travaux moins intensifs dans d'autres bassins hydrographiques, sous réserve que, depuis 1938, la Commission internationale de la pêche du saumon dans le Pacifique a la responsabilité des recherches sur le saumon nerka et, plus tard, du saumon rose du fleuve Fraser. On réalisa des programmes de marquage supplémentaires à divers endroits, tant en eau douce qu'en eau salée, dans le but de mieux connaître les routes de migration et d'estimer les taux d'utilisation, fondements de la politique de gestion actuelle. Il y eut intermède de crise en 1951 et 1952, quand un éboulis dans la rivière Babine bloqua la migration de la plupart des saumons du réseau de la Babine. Des enquêtes poursuivies avec la collaboration du Service des pêches indiquèrent l'étendue des dommages et les moyens d'y remédier. Peu après, des études sur les jeunes saumons nerka et un travail limnologique dans le lac Babine démontrèrent que la plupart des nombreux alevins produits dans la rivière de sortie ne se déplacent pas vers le corps principal du lac, qui, comme résultat, a une faible population de saumons nerka et un fort surplus de nourriture planctonique. Ces découvertes ont conduit à la construction de deux grands chenaux de fraie qui ont grandement augmenté la production de smolts du lac et les prises commerciales qui s'ensuivirent.

Le problème de la dominance, ou différences extrêmes dans la taille de générations successives de certaines montaisons de saumons nerka, est d'un grand intérêt scientifique et pratique, et les scientifiques de l'Office furent les premiers à fournir des explications raisonnables du phénomène. Dans le cas du saumon nerka du fleuve Fraser, il y a interaction de prédateur à proie entre les jeunes saumons et les truites, et ceci fut confirmé par des études effectuées par la Commission du saumon dans le lac Shuswap. Sur la Skeena et la plupart des autres rivières, il y a deux âges de maturité principaux chez le saumon nerka, ce qui complique toute interaction et rend peu probable une extrême dominance.

Après le flétan, la morue du Pacifique est la principale espèce de poisson de fond utilisée en Colombie-Britannique. Comparativement aux stocks nordiques, nos poissons croissent rapidement et ont une durée de vie plutôt courte; d'importantes fluctuations dans les classes d'âge sont responsables de fortes variations dans les prises. On mit récemment au point une technique de lecture d'écailles qui facilite l'évaluation de la condition des stocks. D'autres poissons de fond furent étudiés plus ou moins en détail, et les résultats servirent à fixer les saisons de pêche, les contingents, les aires de fermeture et la règlementation des mailles de chalut. La gestion du crabe dormeur du Pacifique reçut beaucoup d'attention, et le fait que les mâles sont beaucoup plus grand que les femelles facilite la tâche d'établir et de faire observer une taille limite beaucoup plus que dans le cas du homard.

Les recherches sur le hareng portèrent au début sur la composition en âge et ses changements à mesure que la pêcherie se développa. Les caractères morphologiques permirent de séparer et de délimiter les nombreuses unités de stocks le long de la côte de la Colombie-Britannique au cours des années 1930 et 1940. Plus tard, le marquage fournit un estimé du degré de mélange entre ces unités. Des études sur le cycle biologique pendant les années 1950 démontrèrent que l'abondance ou la « force » de chaque portée est déterminée durant les stades grandement vulnérables d'œuf et de larve, faisant ressortir le besoin de préserver la qualité et du rivage et des eaux du littoral. Contrairement au hareng de l'Atlantique, le hareng du Pacifique fraie près de la ligne de basse mer, de sorte qu'il est possible d'en arriver à un estimé semi-quantitatif de la quantité de frai produite chaque année, et de là du nombre de géniteurs. À partir de ces données et de la composition en âge des captures, la Station de Nanaïmo établit des estimés annuels des quantités disponibles pour la pêcherie. Grâce à ces connaissances, on put recommander le relâchement des restrictions sur la production de farine de hareng durant les années 1930, les approvisionnements étant alors abondants. Malheureusement, un projet de l'Office visant à mesurer le taux optimal d'utilisation en poursuivant une pêche intensive sur une superficie limitée fut « descendu » par deux fois. Comme résultat, des améliorations continues de l'efficacité de la pêche causèrent une surexploitation durant une période de faible survie des alevins; presque toute la côte en fut affectée et il fallut plusieurs années de fermeture pour ramener les stocks à un niveau raisonnable. À l'aide de chalutages semi-pélagiques et de sondeurs à écho sensibles, on put localiser durant les années 1960, les principales aires d'alimentation hauturières du hareng. Ces aires sont situées en grande partie en dedans de 50 milles de la côte et il s'est avéré possible de les protéger, par le biais de négotiations internationales, contre la pêche étrangère.

Région intérieure

En 1906, la Station de Go Home Bay s'intéressa tout d'abord aux problèmes d'exploitation et de gestion des pêches en eaux douces. On poursuivit des recherches sur la taille de la truite et du grand corégone capturés dans les filets maillants et sur le sort des poissons capturés et relâchés — recherches stimulées par le problème de la capture de petites truites dans les filets à grand corégone. Après la fermeture de cette station, l'Office continua de supporter, durant les années 1920, des études sur les ciscos, le grand corégone et autres espèces des Grands lacs, en collaboration avec l'Ontario Fisheries Research Laboratory. On poursuivit des études sur les lacs des prairies depuis une station biologique située à Gimli, sur le lac Winnipeg, en 1929 et 1930. D'autres études de gestion furent effectuées sur les lacs à truite du parc national Jasper par A. Bajkov et F. Neave, dans la région de Kamloops de la Colombie-Britannique par C. McC. Mottley et D. S. Rawson, et sur les lacs et étangs du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard par M. W. Smith. Ces études démontrèrent que les principaux facteurs limitant la production de truites peuvent être soit les prédateurs (anguilles, oiseaux ichtyophages), soit les compétiteurs (ménés) ou les grandes truites elles-mêmes.

Après la seconde guerre mondiale, la nouvelle Station de Winnipeg s'attaqua aux problèmes de gestion en eau douce, en particulier la nouvelle pêcherie du Grand lac des Esclaves où un échantillonnage annuel de la taille, croissance, capture et effort de pêche servit de base à l'établissement de contingents annuels pour le touladi et le grand corégone. Des études moins détaillées fournirent une base scientifique à la gestion du Grand lac des Esclaves, des lacs Tathlina, Kakisa et autres lacs des Territoires du Nord-Ouest, et

contribuèrent à l'établissement de pratiques de gestion provinciales dans les lacs Winnipeg et Manitoba. Une étude de la laquaiche aux yeux d'or dans presque toute son aire de répartition dévoila son étrange cycle biologique, notamment le fait que ses œufs sont pélagiques, ce qui est inusité chez les poissons d'eau douce. Ces études contribuèrent à leur tour à la gestion rationnelle de l'espèce dans le delta de plusieurs grandes rivières et dans les lacs qui leur sont associés.

Au cours des années 1940, la lamproie marine envahit les Grands lacs en amont des chutes Niagara, où elle réduisit rapidement jusqu'à extinction de la pêche commerciale les stocks de touladis des lacs Huron et Michigan et était bien en voie de le faire dans le lac Supérieur. On mit sur pied un programme d'action international, et l'Office se chargea de la part canadienne du travail pendant la période expérimentale. Des barrières électriques installées dans les rivières de fraie tuèrent la plupart des lamproies adultes. Mais ceci ne fut pas tout à fait suffisant, et on dut abandonner ces barrières en faveur d'un poison qui tue les larves de lamproies, mais non les poissons, aux concentrations utilisées. Les progrès vers le rétablissement du touladi sont lents, bien que les ensemencements faits par l'Ontario et les États avoisinants paient de bons dividendes. Par ailleurs, le nouveau régime favorise la truite arc-en-ciel, et le saumon chinook est l'objet d'une excellente pêche sportive.

Gestion des mammifères marins

Les mammifères marins sont une ressource particulièrement vulnérable à cause du taux lent de remplacement des stocks — communément de l'ordre de 10% par année. C'est donc dire qu'une récolte soutenue devrait être quelque peu inférieure à ceci. Par contre, il est très difficile de convaincre une industrie compétitive de s'imposer une telle restreinte lorsqu'un si grand nombre d'animaux sont accessibles. Comme résultat, plusieurs stocks canadiens ont disparu ou sont en voie d'extinction: la loutre de mer au large de la Colombie-Britannique, la jubarte dans le détroit de Géorgie, le morse dans l'île de Sable et dans le golfe Saint-Laurent, et la baleine franche dans l'Arctique oriental. D'autres espèces sont à un bas niveau et sont entièrement protégées par tous les pays, comme par exemple, la baleine bleue, la baleine grise, les baleines franches et la jubarte. Depuis 1970, le Canada s'abstient de la chasse commerciale de toutes les espèces, dans le but d'en rétablir les stocks et de rendre éventuellement possible une récolte soutenue.

Le phoque du Groenland a survécu en assez grand nombre parce qu'on récoltait surtout les nouveaux-nés et aussi parce que, jusqu'à récemment, la chasse des phoques était une occupation difficile et hasardeuse. Le phoque à capuchon fournit aussi quelques peaux annuellement, et les stocks sont également l'objet d'études internationales. Le phoque annelé, le phoque barbu, le béluga, le narval et le morse sont tous capturés par les indigènes. Pour les espèces jadis d'importance commerciale, l'Office en arriva à des estimés d'abondance et de taux de mortalité, et définit leurs migrations, à l'aide d'études d'âge et de marquages. On établit des estimés semblables pour les mammifères arctiques, utilisés presque entièrement par les Inouits ou Esquimaux. Des brochures sur la gestion du phoque annelé, du béluga et du morse furent rédigées dans la langue inouite.

Sur la côte du Pacifique, l'Office, en collaboration avec plusieurs autres agences, entreprit la restauration des stocks de loutres de mer en transplantant des animaux de l'Alaska. L'otarie à fourrure est un cas spécial à cause de sa polygamie et de la structure de son harem. Réduite à quelques rares troupeaux au début du siècle, l'espèce, grâce à des accords internationaux, comprend maintenant environ 2 millions d'individus, alors que les jeunes mâles continuent d'être récoltés sur les lieux de reproduction. Le Canada récolte sa part, et l'Office dut contribuer aux recherches sur lesquelles est fondé le programme de gestion. L'Office a de plus la charge d'un recensement annuel des orques — en réalité un grand dauphin — dont quelques individus sont capturés chaque année pour exposition dans les océanariums.

Deux expèces potentiellement nuisibles, du point de vue des pêches, furent l'objet d'études approfondies. Ce sont le lion de mer sur la côte ouest et le phoque gris sur la côte est. Le lion de mer n'est pas utilisé présentement, mais le phoque gris est l'objet d'une chasse limitée sous le contrôle du gouvernement fédéral; les peaux ont un usage commercial, mais le but principal de la chasse est de réduire les dommages causés aux saumons et aux filets à saumon et aussi de réduire les nombres d'un parasite de la morue dont le phoque est l'hôte final.

Engins et méthodes de pêche

L'Office contribua au développement de nouveaux types d'engins et de nouvelles méthodes de pêche, et fit des essais avec ceux déjà en usage, dans le but surtout d'une meilleure utilisation des stocks. Une étude de la première heure par A. P. Knight porta sur les effets de la dynamite: des pêcheurs avaient commencé à utiliser la dynamite pour capturer les goberges rassemblées en bancs dans la baie de Fundy. On se rendit compte que c'était du gaspillage, car on ne pouvait récupérer plus de la moitié des poissons. Par contre, on constata que la portée effective d'un bâton de dynamite ou deux était

beaucoup moindre qu'on ne l'avait cru. On eut l'occasion de vérifier ce fait sur une échelle considérablement plus vaste en 1958, quand on fit sauter le rocher Ripple de l'inlet Seymour, au nord du détroit de Géorgie, à l'aide de 1400 tonnes d'explosifs. Cette puissante détonation ne causa des dommages aux poissons que dans un rayon de moins d'un demi-mille.

Une des méthodes utilisées pour augmenter la production sur la côte atlantique et établie au début du siècle fut de construire des frigorifiques à boëtte permettant de pêcher la morue quand il n'y avait plus de boëtte fraîche. Il y eut cependant, au début, grande répugnance à utiliser la boëtte congelée parce que, soit par expérience, soit par oui-dire, elle avait mauvaise réputation. En été 1906, alors que le Laboratoire de l'Atlantique était de passage à Gaspé, on organisa avec les pêcheurs locaux des essais de pêche avec du hareng frais et du hareng congelé. Ces essais démontrèrent qu'il fallait décongeler la boëtte dans le l'eau très froide de façon à lui conserver sa fermeté. Ainsi traitée, la boëtte congelée captura un peu moins de morues à l'étale que la boëtte fraîche, mais s'avéra supérieure dans de forts courants de marée parce que, semble-t-il, elle tint mieux sur l'hameçon.

Sur la côte du Pacifique, l'Office joua un rôle majeur dans l'introduction du sondage à écho pour la détection des bancs de harengs. Cette méthode ne tarda pas à remplacer le repérage au fil tendu et à améliorer l'efficacité de la pêche. Plus tard, l'Office étudia l'usage de lampes à mercure par les senneurs et constata qu'elles augmentaient considérablement la proportion des petits harengs et saumons dans les captures, de sorte que l'usage de ces lampes fut interdit.

Un problème majeur de la récolte des coques résulte de la lenteur et du coût de la cueillette à la bêche, avec les bris et les pertes de coques qui en résultent. L'Office mit au point une drague hydraulique modifiée, dont l'efficacité de capture des coques de taille légale est de 90% et qui, de plus, élimine les bris de coquilles caractéristiques de la cueillette manuelle ou avec des dragues non hydrauliques.

Sur la côte du Pacifique, on mit au point des chaluts semi-pélagiques précurseurs des modèles commerciaux actuels, y compris un nouveau type de « plateau » pour maintenir le chalut ouvert. Des essais avec divers types de chaluts se poursuivent à St. Andrews, tant au laboratoire que sur les lieux de pêche. Des instruments spécialement conçus fournirent des données sur les formes des chaluts de commerce et les forces qui s'y exercent.

Les caractéristiques des fils de filet furent étudiées en détail et les résultats transmis aux pêcheurs, de même que les moyens de retarder la pourriture des fibres naturelles. L'étude de la mécanique des fluides en relation avec les filets et les écrans placés à angle faible dans le courant corrigea les fausses conceptions du début en ce qui concerne les forces de l'eau qui agissent sur les engins de pêche.

Pour la pêche d'hiver en eau douce, on mit au point à Winnipeg un simple transmetteur permettant de localiser le « jigger » qui transporte une ligne d'un trou dans la glace à l'endroit où un nouveau trou sera pratiqué.

Parasites et maladies

Les relevés fauniques poursuivis aux stations biologiques du début inclurent l'énumération et la description des parasites des poissons et des invertébrés. Ces études se poursuivirent et continueront de se poursuivre pendant plusieurs années avant qu'un catalogue plus ou moins complet des espèces ne soit établi. Plus importants qu'une simple énumération sont les effets des parasites sur leurs hôtes. Il en est qui causent des pertes économiques considérables. Comme exemple, beaucoup de jeunes saumons du Pacifique sont tués, directement ou indirectement, par les copépodes *Salmincola* et *Caligus* et par le ver plat *Eubothrium*; une maladie de l'huître causa des pertes majeures à l'industrie des Maritimes pendant les années 1950; et un champignon fut responsable d'une maladie qui extermina de grandes quantités de harengs dans le golfe Saint-Laurent en 1954–56. Malheureusement, le contrôle des parasites aquatiques est un problème qui a dérouté les biologistes du monde entier. Nos meilleurs espoirs reposent sur la découverte et le choix de stocks résistants aux maladies, et ceci est en partie ce que l'on fit dans le cas de la maladie de l'huître.

Il y a de plus des parasites non mortels qui vivent dans les chairs du poisson et qui, sans causer quelque dommage que ce soit aux humains, sont répugnants à voir et, pour cette raison, affectent la qualité du poisson. Un tel parasite est le nématode *Terranova* trouvé dans la morue et plusieurs autres poissons de mer. L'Office mit au point un protocole d'inspection routinière des filets par « mirage », ce qui évita de grandes pertes. Par ailleurs, la tendance actuelle à utiliser les petites morues a considérablement réduit la fréquence du parasite dans les captures. Une autre espèce problème est le stade pleurocercoïde du ver plat *Triaenophorus* qui s'enkyste dans la chair des ciscos et du grand corégone, particulièrement dans les lacs des prairies. En fait, ceci fut une raison principale de l'établissement d'une station de recherche à Winnipeg après la seconde guerre mondiale. Les études qu'on y poursuivit démontrèrent que certains lacs n'ont que de petites populations de *Triaenophorus*, ce qui, en plus d'un système d'inspection routinière, permit au marché de survivre. La détection ultrasonique du parasite dans la chair du poisson s'est avérée

possible. Des recherches sur l'occurrence de *Triaenophorus* démontrèrent que l'espèce pouvait être éliminée d'un lac par une capture suffisamment intensive du grand brochet, son hôte final; ceci ne s'est pas encore prouvé pratique sur une grande échelle, mais le travail se poursuit.

L'industrie croissante de l'aquiculture n'a pas de plus grand problème que le contrôle des maladies contagieuses chez des poissons et invertébrés maintenus par nécessité dans des espaces restreints. Des études sur diverses maladies des salmonidés, du homard et des huitres sont en cours à plusieurs établissements de l'Office. L'occurrence de certaines de ces maldies est inconnue au Canada, alors que d'autres, telles la furonculose, la vibriose et la maladie du rein des salmonidés, ne sont pas encore répandues par tout le pays. Afin d'éviter la propagation de ces pestes, on est en train de développer un système de contrôle qui permettra de certifier des poissons comme exempts d'organismes pathogènes importants lorsqu'ils passent d'un pays ou d'une province à l'autre.

Une autre catégorie est celle des maladies humaines associées aux produits aquatiques. Il n'y a pratiquement pas de poissons vénéneux dans les eaux canadiennes, mais certains de nos mollusques, sur les deux côtes, deviennent périodiquement toxiques par suite de l'accumulation d'un poison présent dans un des organismes qu'ils mangent, un protozoaire du genre *Gonyaulax*.

Dans l'Atlantique, ceci peut présenter un danger saisonnier dans la bie de Fundy et l'estuaire du Saint-Laurent; dans le Pacifique, le phénomène est moins commun, mais peut se manifester presque n'importe où. Les ramifications du problème sur les deux côtes sont décrites dans deux bulletins. Un système de contrôle continu fut développé pour mettre le public en garde contre les régions dangereuses et interdire la mise en marché des espèces affectées.

Quelques parasites des poissons canadiens peuvent être transmis à l'homme si le poisson est consommé cru, notamment le ver plat *Diphyllobothrium* et le nématode *Anisakis*. On a fait des recherches visant à minimiser le risque d'infection dans les endroits où ils se trouvent.

Manutention et entreposage

Manutention et transfert du poisson

Une qualité améliorée et une plus longue période de conservation présupposent les meilleures conditions possibles de manutention et d'entreposage dès la sortie du poisson de l'eau. Au moment où furent établies les stations technologiques, un des premiers projets fut d'améliorer les bacs d'entreposage et la mise en glace à bord des chalutiers. Les plans préparés par le Laboratoire d'Halifax sont encore aujourd'hui d'usage répandu. L'emploi d'épontilles en aluminium plutôt qu'en bois contribua grandement à réduire le travail et la contamination bactérienne.

Un autre concept d'entreposage à bord est de garder le poisson dans de l'eau de mer réfrigérée (EMR) à des températures légèrement inférieures à 0 C (31 F). H. L. A. Tarr, du Laboratoire de l'Office à Vancouver, en fut le pionnier, et le système fut largement adopté. Notre industrie des pêches du Pacifique utilise beaucoup l'EMR, surtout à bord des bateaux de transport, comme milieu d'entreposage du saumon. La plupart des composants des systèmes d'EMR ont été standardisés, et l'adoption de cette technique entraîne des économies de l'ordre d'un million de dollars annuellement. L'EMR doit être utilisée avec précaution dans le cas de certaines espèces de poisson de fond, mais les plus importantes peuvent y être gardées pendant un temps raisonnable. La saturation de l'EMR au gaz carbonique retarde la décomposition bactérienne et, chez des espèces telle la rascasse, empêche jusqu'à un certain point la décoloration de la peau, mais a des effets nuisibles sérieux si le poisson doit être par la suite congelé ou mis en conserve.

Pour transborder le poisson d'un bateau à l'autre ou du bateau à l'usine, on utilise divers types de déchargeurs, y compris des pompes dont les plans furent élaborés par les ingénieurs de la Station de Vancouver en collaboration avec l'industrie. Sur la côte du Pacifique, les pompes à poisson sont de plus en plus populaires; la majorité des poissons aujourd'hui ont été pompés au moins une fois, parfois deux, avant d'arriver à l'usine de transformation, avec moins de dommage qu'avec un déchargement mécanique. Le pompage s'est avéré d'une valeur inestimable pour le déchargement rapide du poisson des réservoirs d'eau de mer réfrigérée.

Entreposage à froid et congelé

Une fois devenue pratique, la réfrigération artificielle fut rapidement appliquée au poisson. En automne 1914, Johan Hjort démontra au Canada une méthode norvégienne nouvelle de congélation rapide du poisson. Peu après, on entreprit des expériences de congélation rapide de merluches, en réponse à des plaintes des troupes canadiennes à l'effet que le poisson qui arrivait en France était coriace et sans saveur. Ces expériences démontrèrent que la merluche congelée rapidement, entreposée à basse température et cuite peu de temps après décongélation différait très peu de la merluche fraîche, mais réaliser ces conditions favorables sur une grande échelle en temps de guerre était une autre affaire.

Les divers aspects de l'entreposage réfrigéré furent étudiés à Prince-Rupert et à Halifax. On mit à l'essai plusieurs givrages et matériaux d'emballage en vue de retarder la dessication et l'oxydation de l'huile. On inventa un appareil pour déterminer le point de congélation réel des chairs de poisson et des recherches poussées sur les effets des températures de congélation sur les protéines du muscle furent à la base de l'industrie actuelle du poisson congelé en Amérique du Nord, en particulier de la congélation rapide. Mais bien avant la fin du travail théorique fondamental, la Station d'Halifax en 1929 développait et commercialisait un produit congelé rapidement en emballages standards sous le nom de « Ice Fillets ». Bien que le produit se vendit bien, l'utilisation de ce principe ne se répandit que beaucoup plus tard.

Un des problèmes majeurs de l'entreposage réfrigéré est le maintien d'une basse température uniforme — de préférence de l'ordre de −30 C (−22 F). Les ingénieurs de l'Office préparèrent des plans pour le chemisage des chambres d'entreposage régrigéré et aidèrent à son installation dans divers entrepôts. Le même principe fut adopté plus tard pour l'entreposage réfrigéré à bord des bateaux de pêche; il est maintenant d'usage général lorsqu'on prévoit de longues périodes d'entreposage. Pour les thonniers, il existe maintenant un système de congélation par jet de saumure. Des recherches poursuivies sur les deux côtes visent à améliorer continuellement les unités de congélation. Une unité combinant un congélateur à plaques et à air forcé s'est avérée très efficace à réduire le temps de congélation, permettant ainsi de manipuler un volume de poisson beaucoup plus grand. On a résolu à St-Jean, T.-N., les problèmes de la congélation, décongélation et recongélation subséquente sans perte de qualité, et ceci au grand bénéfice de l'industrie de la morue de trappe, sujette à des périodes temporaires de surabondance.

On a dû faire face à bien d'autres problèmes spéciaux: c'est ainsi, par exemple, que le homard ne peut être conservé sous réfrigération que s'il a été cuit au préalable; la cuisson doit être suffisamment longue pour inactiver complètement les enzymes digestifs.

Transport et étalage

Les problèmes d'entreposage ne se limitent malheureusement pas à l'usine de transformation. Les ingénieurs de l'Office, menés par Otto Young, poursuivirent une campagne soutenue et finalement réussie pour que les wagons de chemin de fer et les camions soient pourvus d'unités de réfrigération individuelles, de sorte que le poisson frais arrive maintenant sur les marchés intérieurs dans une condition mangeable. Une réalisation des quelque 25 dernières années à laquelle l'Office contribua de façon significative fut la construction de cabinets pour l'entreposage et l'étalage adéquats du poisson dans les magasins de détail. Il est important que le produit se présente sous une forme attrayante, et une trancheuse de filet mise au point par l'Office permet de préparer des filets d'épaisseur uniforme.

Saveur et détérioration

Tout en travaillant à améliorer l'outillage, on fit des études sur la structure et la composition des chairs de différentes espèces en rapport avec leur valeur nutritive, leur texture et leur saveur. On ne tarda pas à identifier la source de l'odeur de poisson d'espèces qui se détériorent rapidement: la triméthylamine (TMA) formée par la réduction post-mortem de l'oxyde de triméthylamine normalement présent dans le muscle du poisson. On a découvert récemment que le composé acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) inhibe efficacement la production de triméthylamine et que, combiné à l'emballage sous vide, il peut doubler la durée de conservation des filets.

La décomposition bactérienne fut également l'objet d'études intensives, avec C. H. Castell et H. L. A. Tarr comme chefs de file. À la Station de Prince-Rupert, on découvrit que le nitrite de sodium retardait la détérioration des filets; certains pays en font encore usage, bien qu'il puisse être dangeureux si le produit est consommé après cuisson insuffisante. Un composé d'auréomycine, la chlorotétracycline (CTC), s'est avéré un antibiotique très utile lorsque ajouté en quantité minime à la glace utilisée pour refroidir le poisson. Cependant, la CTC a été interdite sans raison valide par les États-Unis, et son usage n'est présentement pas très répandu sur ce continent.

Un poison mortel mais thermolabile produit par la bactérie *Clostridium botulinum* peut se rencontrer, heureusement très rarement, dans les produits alimentaires mal préparés. Bien que la cuisson détruise le poison, l'Office a étudié intensivement la physiologie alimentaire de cet organisme dans le but d'éliminer entièrement le danger.

Inspection du poisson et des usines de transformation

Pendant les étés 1921 et 1922, l'Office fut chargé d'étudier les conditions sanitaires dans les conserveries de homard de l'Île-du-Prince-Édouard. Ce qu'il fit, en plus d'une campagne d'éducation qui produisit une amélioration des conditions sanitaires et de la pureté du produit. Un travail d'éducation semblable fut poursuivi discrètement au cours des années qui suivirent par les Stations d'Halifax et de Prince-Rupert, jusqu'à ce que fusse organisé en

1945 le Service d'inspection du ministère pour s'occuper non seulement des conditions dans les usines, mais aussi pour vérifier la qualité du poisson mis sur le marché. Le travail de l'Office sur la manutention et la détérioration servit de base à ces deux aspects de l'inspection; en fait, le premier directeur du Service, E. Hess, était un microbiologiste de renom de la Station d'Halifax.

Transformation et produits

Les méthodes traditionnelles de conservation du poisson pendant de longues périodes ont été le salage, le fumage et le séchage — employés seuls ou en combinaison. Au siècle dernier, la conserve devint importante, et plus tard, la transformation en farine et en huile des espèces de moindre valeur et des déchets de transformation. Toutes ces techniques furent l'objet d'études intensives par l'Office en vue d'obtenir une meilleure qualité, un plus fort rendement ou des coûts moindres à l'aide de la mécanisation.

Fumage

L'étude scientifique des techniques de fumage commença à la Station biologique de l'Atlantique en 1915. Après 2 ans d'expérimentation avec l'aiglefin, on produisit de l'aiglefin fumé de qualité supérieure, rivalisant le meilleur d'Aberdeen. Ce travail fut transféré plus tard à Halifax. On utilisa d'autres espèces et on fit des recherches sur la construction et l'opération du fumoir lui-même. Bientôt des fumoirs construits selon les plans de l'Office se répandirent par toutes les provinces Maritimes, résultant en une grande économie de main-d'œuvre et une amélioration de la qualité du produit. De la même façon on mit en application commerciale l'outillage et les méthodes de fumage mis au point à Prince-Rupert et à Vancouver, de même qu'à London et Winnipeg pour les poissons d'eau douce.

Salage et séchage

Une des plus vieilles industries du Canada est la capture, et le salage et séchage de la morue, qui commença à Terre-Neuve immédiatement après (certains prétendent avant) les voyages de Jean et Sébastien Cabot. Mais la méthode traditionnelle de séchage sur claies, bien que pittoresque, est très laborieuse, de sorte que l'industrie du poisson salé a, elle aussi, graduellement adopté la mécanisation. À Halifax, St-Jean et Grande-Rivière, on fit des études approfondies des concentrations de sel dans la saumure, de la durée du salage, des températures de séchage, des vitesses de l'air dans le séchoir, conditions requises pour l'obtention de différents types de produits. Comme résultat, le poisson séché mécaniquement est maintenant considéré comme l'égal du meilleur poisson traité au naturel; de plus, on obtient une qualité de choix plus uniformément et avec beaucoup moins de main-d'œuvre. Plus de 200 séchoirs de poisson salé, construits selon les plans de l'Office, furent installés. Semblablement une laveuse de poisson salé a été largement acceptée. On découvrit que le rouge de la morue salée était causé par des bactéries se trouvant dans le sel produit par évaporation solaire et on développa des méthodes préventives. On exerce un contrôle sur les autres bactéries par des mesures de sanitation adéquates à l'usine. La morue salée est devenue aujourd'hui un produit qui fait prime dans les pays de la Méditerranée.

D'autres espèces que la morue ont été conservées par le salage. Avant la seconde guerre mondiale, il y avait en Orient un marché considérable pour le hareng salé séché, et la Station de Prince-Rupert fit beaucoup de travaux sur les détails de ce procédé.

Conserve

L'industrie a perfectionné à un haut degré la mise en conserve du poisson, mais à l'époque de la première guerre mondiale il y avait encore quelques problèmes. Un de ceux-ci était le bombage des boîtes causé par la décomposition bactérienne et sur lequel l'Office fit des recherches dès 1916. On fit des études plus poussées, bactériologiques et autres, sur le noircissement du homard en conserve et des boîtes elles-mêmes, problème qui ne se pose généralement plus maintenant, grâce à l'emploi d'un revêtement intérieur de parchemin. Un autre problème fut celui du brunissement du poisson en conserve causé par la « réaction de Maillard » et dont on étudia la chimie à Vancouver. Il y eut encore les « grumeaux » et cristaux rencontrés parfois sur le saumon en conserve et qui, bien qu'inoffensifs, le rendent moins acceptable au consommateur; grâce aux travaux de l'Office, le problème a été en partie résolu.

Récemment, les recherches de l'Office ont porté surtout sur des essais et démonstrations de nouveaux types de produits, en particulier d'espèces peu utilisées, tel le gaspareau. Le Laboratoire de Vancouver, en collaboration avec le B.C. Research Council, solutionna le difficile problème de la prédiction de la couleur de la chair du saumon en conserve à partir de celle du poisson frais. Une trieuse de saumon suivant la couleur est maintenant à la disposition de l'industrie.

Transformation en huile et farine

L'industrie des huiles et farines de poisson connut plusieurs phases. Sur la côte du Pacifique elle

dépendit au début surtout des abondants stocks de pilchards ou sardines de Californie, qui se déplaçaient vers le nord jusqu'à l'île Vancouver en été. Ces poissons disparurent après les années 1940, mais entre temps la production d'huile et de farine de hareng avait été légalisée. Durant les années 1920 et 1930, l'huile était le produit qui avait le plus de valeur et qui fut l'objet de la plupart des travaux de l'Office. Ces recherches culminèrent dans la publication d'une revue complète du sujet par H. F. Brocklesby et O. F. Deustedt en 1933, qui a été révisée et rédigée de nouveau en grande partie par les membres de la Station de Prime-Rupert en 1941 et mise de nouveau à la page en 1952 par B. E. Bailey et autres. Ces bulletins traitent en détail des huiles marines, surtout celles du Canada occidental, y compris l'extraction, les méthodes analytiques, la chimie et certaines propriétés nutritives.

L'huile de foie de morue servit pendant longtemps à des fins médicinales, mais ce n'est que durant la seconde guerre mondiale qu'on apprécia pleinement l'importance des huiles de poisson comme source de vitamine A. Il y eut un intermède court mais intensif de travaux visant à déterminer la teneur en vitamines A et D des foies d'aiguillat et autres requins, de la lingue, du flétan, travaux qui donnèrent naissance à une importante industrie d'huiles à vitamines. L'apparition de la vitamine A synthétique au début des années 1940 causa le déclin de cette industrie. Un procédé d'extraction des lipides mis au point à Halifax a été adopté par les laboratoires du monde entier.

Récemment, la farine tirée de la plupart des poissons a dépassé l'huile en valeur, en particulier dans l'alimentation du bétail. On fit des travaux considérables sur la valeur nutritive de la farine de hareng. Il en résulta une meilleure standardisation des méthodes de production; on mit au point des techniques de manutention en vrac et on ajouta des antioxydants qui améliorèrent la stabilité pendant l'entreposage et les propriétés nutritives du produit. La farine de poisson est maintenant la base d'une importante industrie sur la côte atlantique; elle dépend principalement du hareng, mais par suite de la diminution des stocks de harengs accumulés, elle se tourne maintenant vers des espèces sous-utilisées, tels le capelan, les argentines et le lançon.

Autres procédés

Au cours des ans, plusieurs préparations et produits spécialisés nouveaux furent mis au point par A. W. Lantz et autres dans les laboratoires de l'Office — par exemple, saucisses de poisson, produits pannés, etc., utilisant ordinairement des espèces de peu de valeur. Les produits nouveaux destinés à la consommation humaine sont éprouvés par un groupe de dégustation: des individus auxquels on demande de comparer la saveur et la texture de poissons manipulés ou préparés de différentes manières, ou de faire l'essai d'espèces inutilisées jusqu'ici. Le premier groupe de dégustation fut organisé à St. Andrews en 1919, et la méthode a été largement utilisée depuis.

Un produit qui peut devenir important, les concentrés de protéines de poisson, n'a eu jusqu'a maintenant qu'un succès mineur sur les marchés. Bien que le « procédé d'Halifax » soit plus économique que toutes les autres méthodes, le produit est hors de portée des populations, surtout celles des pays tropicaux, dont le régime alimentaire bénéficierait grandement d'un supplément de protéines. Cependant, on a produit pour le marché domestique une version pouvant être utilisée comme « liant » dans les produits de la viande telle la saucisse et contribuant à augmenter le contenu en protéines animales de ces aliments. Après bien des essais infructueux, la liophylisation de darnes de morue donne un produit acceptable dont les caractéristiques d'entreposage sont à l'étude.

Il arrive parfois qu'un produit nouveau « prenne » rapidement. C'est le cas du marché japonais de rogue de hareng. On connaissait depuis longtemps l'existence de ce marché, mais jusqu'à récemment, le Canada ne l'avait pas développé; maintenant qu'il est ouvert, ce marché a donné naissance à une entreprise très lucrative. Le Laboratoire de Vancouver développa des méthodes de traitement de la rogue semblables à celles en usage au Japon et aida financièrement à la mise au point d'un appareil de triage, par sexe, des poissons mûrs.

Il y a également les produits qui ne sont pas des aliments. Jusqu'aux années 1940 environ, on étudia les propriétés des huiles de pilchard et de hareng comme base pour les peintures. On démontra récemment que les huiles et les cires de lussion, un petit poisson commun dans le golfe Saint-Laurent, ont les mêmes propriétés que la précieuse huile de cachalot. Une hormone purifiée (gonadotropine) extraite de la glande pituitaire du saumon est utilisée dans le Sud-Est asiatique pour stimuler la fraie des poissons élevés en étang.

Propagation artificielle et rehaussement

Mise en liberté d'alevins

L'éclosion artificielle et la mise en liberté de larves ou alevins de saumon, truite, grand corégone, alose savoureuse, homard et autres espèces ont été les méthodes classiques de gestion employées au Canada et ailleurs pendant le dernier quart du XIX^{e} et le premier quart du XX^{e} siècle. La pratique est presque entièrement abandonnée aujourd'hui et, là où la chose est possible, est remplacée par d'autres procédés: soit l'élevage du poisson à des tailles plus grandes avant la mise en liberté, soit l'aide à la

propagation naturelle. L'Office joua un rôle majeur dans le changement d'orientation. Des études portant sur le développement et la survie du homard, effectuées de 1913 à 1917, démontrèrent que les astacifactures ne contribuaient pratiquement rien à la pêcherie, et ces établissements furent fermés après 1917. En 1923, une étude par H. C. White du sort des alevins de truite ensemencés dans deux petits cours d'eau démontrèrent de fortes mortalités durant le premier été. En 1925, on demanda à l'Office d'évaluer la contribution à la pêcherie des écloseries de saumons nerka de la Colombie-Britannique, et on mit sur pied une expérience de 12 ans dans le lac Cultus, sous la direction de R. E. Foerster. Cette expérience démontra que la salmoniculture ne contribuait que très peu à la production totale de saumons nerka, bien que, pour les petites montaisons, la procédure standard de mise en liberté d'alevins puisse produire environ deux fois plus de saumons nerka adultes que la reproduction naturelle. On décida donc de fermer les établissements de salmoniculture de la Colombie-Britannique. Malheureusement, les contraintes fiscales de la crise économique furent telles qu'à l'époque, on n'y substitua aucune méthode de gestion alternative.

Pour le saumon nerka, de même que pour la plupart des autres expèces de saumon et de truite, le principal facteur limitant l'abondance est l'accessibilité d'habitats en eau douce où ils passent la plus grande partie du début de leur vie. Cependant, deux espèces, les saumons rose et keta, se dirigent vers la mer dès qu'elles émergent du nid et, au lac Cultus et ailleurs, on constata que les alevins éclos dans le gravier étaient plus résistants que les alevins éclos dans des paniers suspendus dans les bacs. Après la guerre, on poursuivit des travaux dans cette direction à Nanaïmo. On se rendit compte que l'infériorité des alevins élevés dans des bacs avait deux composantes: énergie et comportement. D'une part, les alevins nagent plus ou moins continuellement et perdent du poids lorsqu'ils ne sont pas séparés les uns des autres par des pierres; et d'autre part, ils perdent leur instinct de se déplacer en aval lorsque prématurement exposés à la lumière. Des essais démontrèrent que des saumons roses éclos et maintenus à la noirceur dans des bassins remplis de gravier étaient les égaux d'alevins éclos naturellement, y compris sous le rapport du pourcentage de retours d'adultes. Aux prix et coûts actuels, la pisciculture de ces espèces donne un rendement de beaucoup supérieur à 100%, et des opérations-pilotes sont en cours.

Élevage en étang et alimentation supplémentaire

Les saumons coho, chinook, nerka et atlantique passent de plusieurs mois à plusieurs années en eau douce, ce qui les rend plus adaptables à des techniques de propagation intensive: alimentation et élevage en étang jusqu'au moment de la migration. Alternativement, ils peuvent être relâchés avant le temps de migration dans des eaux que la reproduction naturelle n'arrive pas à peupler adéquatement — en amont de chutes infranchissables, par exemple. L'Office étudia à fond cette dernière technique avec le saumon atlantique et découvrit qu'on ne pouvait obtenir de bons retours d'adultes que si les populations de becs-scie étaient réduites à un bas niveau sur la rivière ensemencée. On a commencé l'élevage des saumons coho et chinook jusqu'au stade de smolt en Colombie-Britannique, de même que des expériences en vue de déterminer la température, le régime alimentaire, la taille et le temps de mise en liberté qui donneront les meilleurs retours d'adultes. On fait des essais d'alimentation supplémentaire de jeunes saumons coho dans des cours d'eau naturels et on essaie d'augmenter les approvisionnements naturels en nourriture par addition de substrats organiques.

Chenaux de fraie

Une autre méthode de gestion est l'amélioration des frayères naturelles ou la construction de chenaux spéciaux pour la fraie naturelle dans des situations où il n'y a pas suffisamment de régions graveleuses. La Station de Nanaïmo étudia la porosité du gravier, le débit d'eau et les exigences en oxygène des œufs, et il existe présentement des chenaux expérimentaux, construits par la Direction du développement des ressources et la Commission du saumon, à plusieurs endroits de la Colombie-Britannique. Au lac Babine, ces chenaux produisirent des alevins à résistance et comportement normaux, bien que les conditions requises pour un pourcentage maximal d'éclosion soient encore à l'étude. On a des indications que dans une année normale les chenaux ajouteront à la récolte au moins un demi-million de saumons nerka, d'une valeur de plus de trois millions de dollars, et possiblement le double de ce nombre.

Techniques de pisciculture et croisements sélectifs

Les expériences du début au lac Cultus indiquèrent combien de temps les œufs et le sperme de saumon nerka pouvaient être conservés avant la fécondation, et l'entreposage réfrigéré du sperme a connu un certain succès. On a pu préciser la période sensible du développement de l'œuf — et de là trouver le moment propice au déplacement des œufs. On compara diverses méthodes de prélèvement d'œufs. Des essais sur le nombre de mâles requis pour féconder les œufs d'un nombre donné de femelles, tant artificiellement que dans la nature, démontrèrent

qu'il y avait normalement surplus considérable de mâles, ce qui laisse entrevoir des possibilités de croisements sélectifs et d'utilisation alternative des mâles superflus. La sélection des grands individus pour la reproduction est une question urgente, parce qu'une utilisation un peu plus forte des grands saumons par la pêcherie favorise les individus à croissance lente et à maturité hâtive, ce qui a pour effet de réduire la taille moyenne des saumons capturés.

Une autre mesure artificielle prometteuse pour l'avenir est le développement de stocks supérieurs par hybridation et sélection. Il y eut un début de fait dans cette direction durant la période d'avant-guerre, alors qu'on fit des croisements réciproques entre les cinq espèces de saumon du Pacifique; on éleva les descendants en étang et en détermina la fécondité. Les travaux récents ont été orientés vers le croisement de différents stocks d'une même espèce en vue d'obtenir des combinaisons désirables de caractères.

Transplantation et acclimatation

L'introduction de nouvelles espèces et la transplantation de poissons d'un continent à l'autre furent des acitivités principales du début de la pisciculture en Amérique du Nord. Il en résulta du bon et du mauvais: des poissons de valeur, surtout plusieurs espèces de truite, s'établirent là où elles n'existaient pas auparavant; par ailleurs, il y eut aussi des introductions malheureuses de prédateurs et de compétiteurs dans des eaux supportant des espèces plus désirables. L'Office et d'autres tentèrent à plusieurs reprises d'introduire des homards dans le Pacifique, où il y a de nombreux habitats physiquement convenables. Ces homards survécurent et se reproduisirent, mais aucun stock indigène ne s'y établit — peut-être parce qu'on ne transplanta que quelques milliers d'individus. De la même façon, l'introduction de saumons du Pacifique dans les eaux atlantiques n'a pas eu à ce jour de succès permanent, bien qu'il y ait un noyau de saumons roses à Terre-Neuve et de saumons coho dans le Maine, ces derniers provenant d'ensemencements américains.

Stimulé en partie par la pensée et la coopération de l'Office, l'Ontario établit le saumon rose dans le lac Supérieur et le kokani (saumon nerka d'eau douce) dans le lac Huron, alors que l'Ontario et le Michigan maintiennent tous deux de bons stocks de saumons coho et chinook dans tous les Grands lacs par des ensemencements annuels.

Autres mesures

Le saumon rose n'atteint la maturité sexuelle que dans sa deuxième année, et on observe communément, bien que pas toujours, une différence marquée dans l'abondance des montaisons à tous les deux ans, caractéristique de l'espèce. La création de bonnes montaisons dans les années « creuses » est évidemment une bonne façon d'augmenter les prises. Vers 1930, A. L. Pritchard fit plusieurs expériences de transplantation de saumons roses dans l'inlet Masset pendant les années creuses, dépourvues de montaisons naturelles dans cette région. Bien qu'au bout de 2 ans, de bonnes migrations d'alevins vers la mer se produisirent, il y eut absence presque complète de retours d'adultes, preuve qu'il y a plus que l'absence de géniteurs d'impliquée dans le phénomène des années creuses. Trois hypothèses sont possibles: (1) les alevins d'une année creuse sont en nombre inférieur à un seuil quelconque requis pour traverser le barrage de prédateurs dans leur migration vers la haute mer; (2) il y a cannibalisme des jeunes poissons qui descendent par les saumons adultes qui remontent la rivière, ce qui a toujours semblé favoriser une progéniture abondante et réduire une progéniture plus petite; et (3) il y a des différences héréditaires entre les deux portées, chacune étant adaptée par exemple à un lieu d'alimentation ou à une route de migration. On est présentement à éprouver la dernière hypothèse, en accélérant le processus de maturation de saumons roses mâles et en utilisant leur sperme pour féconder des mâles qui proviennent d'ailleurs. On a déjà à sa disposition des stocks d'années creuses contenant $\frac{3}{4}$ de gènes de la région, et il sera bientôt possible de faire un essai sur le terrain.

On fit une expérience sur l'utilité de kokanis d'un lac intérieur pour augmenter la production de saumons nerka anadromes. Les résultats furent décevants, mais l'expérience contribua à distinguer les kokanis entièrement adaptés à la vie dans le lac des saumons nerka « résiduaires », descendants de parents anadromes.

Le contrôle des poissons prédateurs du lac Cultus eut pour effet d'augmenter la production naturelle de saumons nerka à 3 ou 4 fois son niveau normal et, dans le contexte des prix et salaires des années 1930, s'avéra économiquement attrayant. Récemment, on s'attaqua de nouveau au problème de l'augmentation de la production du saumon nerka, cette fois en faisant appel à la fertilisation minérale d'un lac très pauvre en substances nutritives. Il en résulta une augmentation de plancton et une amélioration de croissance et de condition du poisson, qui se reflètent dans des captures commerciales plus abondantes.

Finalement, on démontra avec succès dans le golfe Saint-Laurent la mise en place de récifs artificiels en vue d'accroître l'abondance du homard. Le rendement accru du homard compensera, après un certain nombre d'années, le coût de construction.

Aquiculture et maintien en vivier

Poissons

Pendant de nombreuses années, la principale orme de pisciculture commerciale au Canada fut l'élevage de truites en eau douce pour commercialisation ou pêche sportive privée. Il y a depuis quelque temps un renouveau d'intérêt dans l'aquiculture de toutes sortes, et une grande variété de produits sont présentement à l'étude. Devant le succès de l'élevage du saumon atlantique et de la truite dans les fjords de Norvège, on entreprit au Canada plusieurs projets commerciaux d'élevage en eau salée, avec résultats mixtes à venir jusqu'ici. Sur les deux côtes, l'Office poursuit actuellement des études en vue de déterminer les conditions nécessaires à un succès uniforme dans ce domaine. La plupart des espèces de truite et de saumon disponibles sont soumises à des essais, et les résultats obtenus avec les saumons coho et nerka, et la truite arc-en-ciel sont prometteurs. L'éclosion des œufs et le maintien des alevins dans l'eau chaude assurent un bon départ à la croissance de l'année, et l'utilisation de l'eau chaude des centrales électriques est à l'étude.

On a fait de plus des essais sur d'autres espèces de poisson. La morue charbonnière s'est avérée très adaptable à la culture, mais jusqu'ici les aspects commerciaux sont marginaux. Dans tous les cas, il faut employer un régime alimentaire qui donne au produit une apparence et une saveur naturelles ou « sauvages », et des dégustations font partie de chaque projet.

Une innovation fort réussie de l'Office fut l'utilisation des marmites des prairies pour l'élevage de la truite. Ces bassins peu profonds sont typiquement eutropes à un degré tel que les poissons y suffoquent sous la glace en hiver; par contre, ils produisent en été une abondannte récolte alimentaire d'invertébrés. En ensemençant un nombre limité d'alevins de truite de la grosseur du doigt au printemps, on constata qu'il était possible d'obtenir des poissons pesant d'une demi-livre à une livre en automne, alors qu'on les récolte au filet maillant ou à la senne. On retarde la récolte jusqu'au moment qui précède le gel, alors que les poissons ont perdu le goût « de vase » qui prévaut souvent durant les mois chauds de l'année.

Huîtres

Le présent siècle vit l'industrie huîtrière se transformer d'une récolte à l'avenant de stocks sauvages, menaçant de décimer les approvisionnements, en une technique de culture dans des cantonnements loués. En 1903 et 1904, le Laboratoire mobile fut stationné dans la baie Malpèque, Île-du-Prince-Édouard, endroit réputé pour ses huîtres, et presque tous les chercheurs étudièrent un aspect quelconque du développement, de la physiologie ou de l'écologie de l'huître. Ce travail se poursuivit les années suivantes et servit de base à des recommandations de gestion par Joseph Strafford en 1913. Pendant les années 1930, à la Station d'Ellerslie, A. W. H. Needler développa la méthode de cueillette du naissain sur un substrat flottant (compartiments de caisses d'œufs recouverts de ciment) et d'élevage sur des plateaux flottants pendant la deuxième année, après quoi les huîtres sont transplantées sur fond ferme. Il « vendit » également l'idée aux huîtriers locaux de louer des cantonnements en vue de contrôler adéquatement la récolte. Un bulletin détaillé, préparé par J. C. Medcof, résume l'expérience accumulée à cette station, expérience récemment appliquée à des entreprises commerciales dans l'île du Cap-Breton.

Sur la côte du Pacifique, une découverte d'importance majeure fut celle de naissain abondant dans le détroit Pendrell, ce qui mit fin à la dépendance de naissain importé et au danger toujours présent d'introduire de nouvelles pestes. On développa un collecteur artificiel qui remplace graduellement les coquilles naturelles pour la collection du naissain. La culture d'huîtres sur radeau jusqu'à la taille commerciale, semblable à celle qui est pratiquée depuis longtemps au Japon, s'est avérée pratique dans les eaux libres de glace de la Colombie-Britannique. Ceci étend l'aire de production des huîtres bien au-delà de la zone intertidale, dans des régions non polluées et riches en substances nutritives de la côte, régions favorables à la croissance mais trop froides pour la reproduction et par conséquent dépourvues de populations naturelles. Des bulletins décrivant l'ostréiculture, tant sur le fond que sur radeau, ont été préparés par D. B. Quayle.

Crustacés

L'industrie canadienne du homard est en meilleure posture si elle a des approvisionnements à l'année longue de homards vivants qui peuvent être vendus quand les marchés sont à leur meilleur. Afin de les rendre disponibles pour de plus longues périodes, on garde les homards à l'état vivant dans des cages flottantes en bois, des viviers à terre ou de grands étangs naturels soumis à l'action de la marée, mais toutes les trois méthodes posent des problèmes. Pendant une période d'entreposage prolongée, il faut donner aux homards une nourriture suffisante pour maintenir leur poids sans polluer ou désoxygéner l'eau. Pour une bonne croissance, les homards requièrent en nourriture environ 6% de leur poids corporel par semaine aux températures estivales élevées. On se rendit compte de plus que la nourriture devait se conformer à des standards alimentaires qui faisaient généralement défaut dans

les régimes utilisés antérieurement. Dans le cas d'un entreposage à court terme, où il n'y a pas lieu d'avoir de croissance ou de mue, une quantité de nourriture un peu moins forte maintiendra le poids. Un parasite du sang, *Gaffkya*, fut parfois la cause de pertes considérables, mais ne présente pas de problème si les homards ne sont pas soumis à d'autres stress. En leur fournissant des abris sous forme de tuiles de drainage, on améliore beaucoup la survie.

Le crabe rouge a pris dernièrement une importance commerciale et, comme le homard, peut être conservé à l'état vivant, de préférence à des températures inférieures à 12 C. L'espèce s'est de plus avérée résistante à la gaffkémie.

Le milieu aquatique — océanographie et limnologie

Aucune étude des animaux et des plantes aquatiques n'est complète sans une connaissance du milieu dans lequel ils vivent. On dirigea donc, dès le début, son attention sur les caractéristiques physiques et chimiques des océans, des lacs et des rivières, et on engagea un océanographe à plein temps en 1928 pour l'Atlantique et en 1930 pour le Pacifique. Par ailleurs, plusieurs autres ministères gouvernementaux étaient intéressés aux océans et, à partir du milieu des années 1930, on reçut la coopération de la Marine et du Service hydrographique, surtout sous forme de navires mis à la disposition de l'Office pour les observations océanographiques. Pour coordonner les études océaniques, il y eut une série de comités interdisciplinaires à partir de 1930. Un de ces comités devint très actif pendant la seconde guerre mondiale, alors que les océanographes de l'Office furent mobilisés pour faire de la recherche classifiée, comme par exemple celle se rapportant aux « fausses cibles » causées par des discontinuités de densité de l'eau. Le présent comité de coordination s'appelle Comité canadien d'océanographie. En 1960, les principales obligations du gouvernement fédéral au domaine de l'océanographie furent assumées par une nouvelle Direction, celle des sciences de la mer, du ministère des Mines et Relevés techniques. Quand le ministère de l'Environnement fut établi en 1971, la Direction des sciences marines devint partie de son Service de gestion des eaux. Les établissements de l'Office continuent cependant de faire une partie du travail orienté spécifiquement vers des problèmes de pêche.

Tout comme la météorologie, l'océanographie, pour servir au maximum, requiert une série d'observations faites à intervalles réguliers et selon des méthodes standards. Malheureusement, la cueillette de telles données est beaucoup plus dispendieuse en mer que sur terre, mais malgré tout, il eut progrès, tel que nous nous le démontrons plus bas. Un autre moyen d'en arriver à une description systématique continue du milieu océanique est l'utilisation des données météorologiques sur la pression atmosphérique. Ces dernières peuvent servir à calculer le transport dû au vent des masses d'eau sur de grandes superficies, transport lié à la température et au contenu en substances chimiques nutritives de l'eau. La Station de Nanaïmo fit des calculs qui se sont avérés prometteurs dans la prédiction des approvisionnements en nourriture et des captures de poisson elles-mêmes.

Région de l'Atlantique

L'Office publia dès 1912 un rapport sur la température et la densité de l'eau de la baie Passamaquoddy. L'Expédition des pêches de 1914–15 fournit le premier exposé complet de la situation dans le golfe Saint-Laurent et dans les eaux du large de la Nouvelle-Écosse. Vinrent ensuite une série d'études plus restreintes, dont quelques-unes se rapportaient aux perspectives d'ostréiculture: l'expédition de Chéticamp de 1917 étudia la région entre le Cap-Breton et les îles de la Madeleine; la région de la Miramichi fut couverte en 1918, la baie Ste-Marie en 1921 et la baie St. Margaret en 1922. L'expédition du détroit de Belle-Isle de 1923 étudia en particulier les mouvements de l'eau dans ce détroit. Depuis la guerre, il se fait des travaux intensifs dans la baie Malpèque en rapport avec les huîtres, dans le golfe Saint-Laurent en rapport avec les pêcheries de morue et de hareng et dans la baie de Fundy en rapport avec un projet d'utilisation de la marée comme source d'énergie.

Des séries de températures sont prises régulièrement à plusieurs endroits, à commencer en 1921 dans la baie Passamaquoddy. On fait des observations océanographiques annuelles en profondeur sur plusieurs lignes perpendiculaires à la côte, du sud du Labrador au sud de Terre-Neuve, et quatre fois par année sur une ligne partant d'Halifax. Ces observations sont utiles, entre autres, pour la prédiction des prises de morue et d'aiglefin de la même année. Les observations faites dans le golfe Saint-Laurent servent à prédire les conditions de glace dans cette région.

Région du Pacifique

Les premiers comptes rendus des travaux océanographiques du Pacifique datent de 1916, mais la première étude d'envergure porta sur le détroit de Géorgie et l'estuaire du fleuve Fraser et fut effectuée vers la fin des années 1920 par C. C. Lucas et A. H. Hutchinson. Plus tard, on étudia le détroit Nootka et le détroit Juan de Fuca, alors que N. M. Carter fit une étude spéciale des petites baies de la

terre ferme. J. P. Tully commença pendant les années 1930 la cueillette d'observations régulières sur l'eau de mer à une série de phares du long de la côte, travail qui prit de l'expansion après 1945. À partir des années 1950, on recueillit des données plus variées à bord d'un navire météorologique à 700 milles marins à l'ouest de l'île Vancouver. Les relevés les plus importants d'après-guerre sont ceux de Barkley Sound en rapport avec la production de hareng; du détroit de Géorgie en vue de mieux comprendre les caractéristiques physiques et les mécanismes de vidange de l'eau, facteurs importants pour les pêches et le contrôle de la pollution; du détroit d'Hécate en rapport avec la fraie de plusieurs espèces de poisson de fond; de l'entrée Dixon, en vue d'élucider les processus affectant les caractéristiques et les mouvements de l'eau; et du Pacifique Nord subarctique (côtier et pélagique) en rapport avec la distribution du saumon et autres poissons. Des modèles hydrauliques construits à Nanaïmo servirent à l'étude détaillée de la circulation et autres paramètres de l'inlet Alberni et du détroit d'Hécate.

L'étude expérimentale de la production primaire fut pendant plusieurs années une partie importante du travail à Nanaïmo; on utilisa entre autres des sacs de polyéthylène en suspension dans l'eau comme « aquariums ». Ces travaux aboutirent en 1960 à une revue majeure publiée par J. D. H. Strickland. Le même auteur, avec la collaboration de T. R. Parsons développa un nouveau protocole d'analyse d'eau de mer et modifia les anciens, pour en arriver à la publication d'un Manual of Sea Water Analysis universellement adopté comme référence standard.

Région arctique

Le travail océanographique détaillé dans l'Arctique canadien commença avec les observations de H. B. Hachey, lors de l'expédition de 1930 dans la baie d'Hudson, où il fut démontré que cette grande masse d'eau était véritablement arctique, malgré sa position méridionale. En 1947, on commença dans l'Arctique oriental un programme comportant un grand nombre de stations océanographiques, particulièrement autour de l'île Baffin et dans la partie septentrionale de la baie d'Hudson; ce travail fut résumé en 1951 dans une publication détaillée de M. J. Dunbar. La région occidentale de l'Arctique, y compris les mers de Beaufort et Chukchi, fut étudiée conjointement avec les États-Unis à partir de 1949, et le brise-glace *Labrador* fit le joint entre les deux régions lors d'une croisière d'est en ouest en 1954. En 1962, cinq équipes sur le terrain et deux brise-glace firent un relevé spécial de l'Arctique central.

Estuaires

L'océanographie des estuaires est importante parce que ceux-ci sont à la fois critiques pour la production de poisson et particulièrement sensibles à des changements dommageables. Les adultes tout comme les jeunes des poissons anadromes, de même que les anguilles, doivent y passer quelque temps pour s'adapter aux changements de salinité. De plus, les jeunes doivent y trouver de la nourriture à ce stade critique de leur vie.

Notre plus grand estuaire est celui du Saint-Laurent, et celui qui renferme le plus de saumons est celui du Fraser; les deux furent étudiés en vue de connaître leur contribution à la production de poisson et d'identifier les habitats critiques qui doivent être préservés. La première étude complète, cependant, fut celle de l'inlet Alberni par J. P. Tully, qui publia une manographie sur le sujet en 1949. Les estuaires de la Miramichi et de la rivière Saint-Jean à l'est, et de la rivière Squamish se déversant dans la baie Howe à l'ouest reçurent également beaucoup d'attention. Récemment, la Station biologique du Pacifique et l'Institut de l'environnement du Pacifique en coopération avec la Direction des sciences de la mer, ont fait des études spéciales de l'estuaire des rivières Squamish et Nanaïmo, études qui aboutirent à des recommandations relatives à des développements portuaires, draguage, etc.

Sur la côte est, le Laboratoire d'écologie marine découvrit que les événements qui se produisent dans la région côtière jouent un rôle majeur dans la détermination de l'abondance des stocks de poissons, même de poissons qui vivent loin au large.

Région intérieure

On recueilli des observations sur les caractéristiques physiques et chimiques de presque toutes les masses d'eau où furent effectuées les études biologiques de l'Office — y compris la plupart des Grands lacs, les lacs de grande étendue en bordure du Bouclier canadien, du lac Winnipeg au Grand lac de l'Ours, les lacs salins des prairies, les lacs à truite du Nouveau-Brunswick et des parcs nationaux des Rocheuses, de même que plusieurs lacs à saumon du littoral du Pacifique. Dans un de ces lacs, le lac Cultus, des observations à l'année longue révélèrent qu'au printemps la thermocline se forme en profondeur et s'élève jusqu'à ce qu'un fort gradient s'établisse assez près de la surface — l'inverse de la description donnée à cette époque dans les manuels. Les études détaillées de D. S. Rawson et autres démontrèrent que la composition chimique des eaux douces, mesurée par l'alcalinité, la conductivité ou les solides dissous totaux, est en étroite relation avec la productivité biologique, et que celle-ci, couplée à la profondeur moyenne, est le facteur dominant du rendement en poisson.

La production primaire en eau douce, tout comme dans l'océan, a son origine dans les algues et les plantes plus grosses, et est l'objet d'une attention spéciale de la part d'une unité de l'Office au Centre canadien des eaux intérieures. R. A. Vollenweider fut l'éditeur et le principal contributeur du manuel du Programme biologique international sur le sujet. Une production primaire trop forte entraîne une accélération de l'eutrophisation, qui est devenue un problème aigu à certains endroits, et on fait beaucoup de travail pour en trouver les causes et les moyens de la contrôler. Un des principaux symptômes d'une eutrophisation qui va en augmentant est la diminution de la teneur en oxygène des eaux profondes d'un lac en été, ou sous la glace en hiver. Dans le lac Érié, cette condition est si avancée que les grosses phryganes fouisseuses, jadis une nourriture importante de poissons de valeur, ont été presque éliminées. Une série de lacs du nord-ouest de l'Ontario ont été réservés par le gouvernement ontarien en vue de l'étude expériementale de l'eutrophisation par l'Institut des eaux douces à Winnipeg. Par exemple, on a introduit diverses substances chimiques dans différents lacs et observé leurs effets sur la chimie et la vie aquatique. Ces études, combinées avec des expériences de laboratoire et du travail sur le terrain dans les lacs Érié et Ontario, démontrèrent que les phosphates sont les principaux responsables d'une eutrophisation excessive et aboutirent à des restrictions sur la vente des détergents à base de phosphate. Des substituts susceptibles de causer moins de dommage à l'environnement furent mis à l'essai et (dans un cas) on en recommanda l'usage.

Pollution

Déchets industriels et domestiques

La pollution des eaux naturelles est loin d'être un phénomène nouveau. Le premier volume de publications de la Station biologique publié en 1902 contenait un article de A. P. Knight sur les effets d'eaux polluées sur les poissons. Il étudia les effluents d'une papeterie, d'une usine à gaz et d'une fabrique de clous. Une étude plus détaillée porta sur les effets du bran de scie et des copeaux des moulins à bois, que l'on blâmait fréquemment à l'époque pour les fluctuations des prises de poisson d'eau douce et de mer. Le Dr Knight put démontrer que les déchets de moulin étaient susceptibles de causer des dommages seulement localement dans de petites rivières. Il recommanda une règlementation individuelle pour remplacer l'interdiction générale (mais en grande partie ignorée) qui existait alors.

Depuis 1900, il y a augmentation énorme de la charge d'effluents domestiques et industriels, des herbicides et pesticides organiques firent leur apparition et les déchets radioactifs sont devenus une menace potentielle. On fit des efforts considérables en vue de déterminer et de diminuer leurs effets nocifs sur les poissons. Par exemple, des conseils donnés par des scientifiques de l'Office aidèrent à localiser de récentes papeteries en Colombie-Britannique dans des régions où leurs déchets peuvent être rapidement dispersés; ils aidèrent également à améliorer les systèmes d'égoût des moulins existants. Ils recommandèrent de plus des sites pour le déversement des égoûts de plusieurs villes sur les deux côtes, dans des endroits où ces égoûts causeraient le moins de dommage.

Là où il y a contamination, il est essentiel de protéger les sources de nourriture. Pendant plusieurs années, l'Office collabora avec le ministère de la Santé et du Bien-Être dans l'élaboration de règlements et l'établissement de fermetures pour empêcher que des produits contaminés atteignent le marché. En même temps, des études sur l'accumulation des charges bactériennes, et sur le mécanisme et le temps requis pour une épuration naturelle dans de l'eau non polluée permirent d'utiliser des produits récoltés vivants dans des régions légèrement polluées.

Il est à souhaiter que l'industrie donne le bon exemple lorsqu'il s'agit de se débarasser de ses déchets. Un système de traitement développé au Laboratoire de Vancouver est en train d'être installé dans plusieurs usines, système utilisant le tamisage comme première phase et le flottage comme seconde.

Il se produit parfois des crises qui demandent une évaluation et une action rapides de la part de l'Office et autres organismes. Ce fut le cas, entre autres, de l'épidémie d'arrosage des forêts du Nouveau-Brunswick au DDT pendant les années 1950, des déchets miniers déversés dans la Miramichi, de la décharge de phosphore élémentaire mortel dans la baie Placentia, Terre-Neuve, du déversement d'huile de soute C d'un pétrolier dans la baie Chédabouctou, Nouvelle-Écosse, et de la découverte de mercure en quantité toxique dans des poissons habitant à proximité d'industries qui emploient ce métal. Tout ceci représenta des défis majeurs pour les chercheurs et les administrateurs. Ainsi, la crise du mercure exigea un changement d'orientation du travail à l'Institut des eaux douces, y compris le développement de nouvelles méthodes de détection de petites quantités de mercure dans les poissons et l'environnement. Sous ce rapport, on découvrit que des niveaux de mercure marginalement dangeureux se rencontrent parfois naturellement, surtout chez les grandes espèces océaniques qui se nourrissent au sommet de la chaîne alimentaire et qui, de cette façon, absorbent le mercure accumulé successivement par une série d'organismes à partir du niveau naturel de mercure dans l'eau de mer. Bien que de tels poissons ne puissent être dommageables que lorsque consommés en très grande

quantité, l'interdiction de leur vente a entraîné l'écroulement de plusieurs pêcheries.

Effets sur les animaux aquatiques

Qu'elles soient grandes ou petites, soudaines ou graduelles, les crises du genre décrit plus haut ont stimulé des travaux intensifs en vue de déterminer les effets de chaque polluant sur les poissons et autres organismes aquatiques et de trouver si possible un niveau sûr acceptable. Par exemple, on détermina le degré de dilution nécessaire pour qu'un effluent de sulfate d'une papeterie soit inoffensif pour les jeunes saumons. Un travail de cette nature impliqua la détermination, non seulement de la toxicité directe, mais aussi des contraintes sublétales et des changements de comportement qui rendent le poisson moins apte à une croissance normale et à la survie. C'est ainsi par exemple qu'on découvrit que des jeunes saumons atlantiques maintenus brièvement dans les eaux usées diluées d'une mine de cuivre-zinc ou dans une faible solution de DDT ne montrèrent aucun effet immédiat, mais ne réussirent qu'à 65–75% des témoins à survivre à leur vie en mer et à retourner à leur rivière natale. Pour pouvoir prédire de tels effets sans avoir recours à des essais prolongés sur le terrain, on mit au point des épreuves d'efficacité de conversion des aliments et de vitesse de nage maximale; par exemple, on a observé un stress par certains polluants à seulement un-trentième de la concentration létale. Le contenu en cortisol du sang s'est révélé un autre indice sensible du stress.

Il peut y avoir aussi un dommage environnemental qui restreint l'habitat des poissons ou diminue leurs approvisionnements de nourriture; ainsi, les insectes des cours d'eau sont beaucoup plus sensibles au DDT que les poissons qui les mangent, et leur disparition peut être presque aussi désastreuse pour les poissons que les mortalités directes de ces derniers.

Remerciements

Nous avons consulté, lors de la préparation de ce synopsis, les sources mentionnées aux Références et les rapports originaux des recherches. De plus, en 1974, nous avons sollicité les points de vue du personnel de toutes les stations de recherches et de plusieurs anciens employés de l'Office. Presque toutes les suggestions reçues ont été incorporées dans ce résumé, et je désire remercier tous ceux qui y ont contribué. Ceci est néanmoins un document personnel, en ce sens que l'accent et le choix du matériel doivent, jusqu'à un certain point, réfléter mes propres connaissances et intérêts; j'espère toutefois n'avoir omis rien d'important.

Références

Carter, N. M. 1968. Index and list of titles, Fisheries Research Board of Canada and associated publications, 1900–1964. Bull. Fish. Res. Board Can. 164: 649 p.

1973. Index and list of titles, Fisheries Research Board of Canada and associated publications. 1965–1972. Fish. Res. Board Can. Misc. Spec. Publ. 18: 588 p.

Hachey, H. B. History of the Fisheries Research Board of Canada. Fish. Res. Board Can. MS Rep. (Biol.) 843: 499 p.

Rigby, M. S., and A. G. Huntsman. 1958. Materials related to the history of the Fisheries Research Board of Canada (formerly the Biological Board of Canada) for the period 1898–1924. Fish. Res. Board Can. MS Rep. (Biol.) 660:272 p.

Annexe

Principaux établissements de l'Office des recherches sur les pêcheries

Établissements de recherche et stations sur le terrain de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada et de ses prédécesseurs, l'Office de biologie du Canada (1912–37) et l'Office de gestion de la station de biologie marine (1899–1907).

On a changé de temps à autre le nom des établissements et, en 1967, on ajoutait Office des recherches sur les pêcheries (désigné ici sous le sigle ORP) aux noms employés cette année-là. Les notes qui suivent ont été compilées sous les titres en usage en 1973 ou à l'époque où une station a été abolie. Les sous-stations et les stations sur le terrain sont mentionnées à la suite de l'unité-mère. En 1973, ces établissements furent intégrés au Service des pêches et des sciences de la mer, ministère de l'Environnement.

1. La « Station de biologie marine » 1899–1907. Côte est du Canada.

Mentionnée tour à tour par E. E. Prince, président de l'Office de gestion, sous les noms « Station biologique du Dominion », « Station biologique canadienne » et « Station maritime ». Cette Station était mobile et était remorquée sur une barge d'un endroit du littoral à l'autre: St. Andrews, N.-B., en 1899 et 1900; Canso, N.-É., en 1901 et 1902; Malpèque, Î.-P.-É., en 1903 et 1904; Gaspé, Québec, en 1905 et 1906. La barge fit eau au moment où l'on remorquait la station vers Sept-Îles, Québec, en 1907, et fut mise à terre à Grande-Vallée. On cessa alors d'utiliser cette Station comme telle, le travail de la saison étant effectué à Sept-Îles dans des locaux loués.

2. La « Station biologique de la baie Georgienne », baie Go Home, baie Georgienne, Ontario, 1901–13.

Cette Station fut fondée sous les auspices du gouvernement fédéral, qui la finança en partie durant ses trois premières années d'existence. E. E. Prince, le

président de l'Office de gestion, fit rapport annuellement des activités de la Station à partir de 1902, et l'Office en assuma pleine responsabilité en 1904. Elle cessa ses activités après 1913 et fut officiellement abolie en 1917. C'est à cette Station que furent effectuées les premières recherches en eau douce financées par le gouvernement fédéral au Canada.

3. La Station biologique de l'ORP, St. Andrews, N.-B. 1908–73.

On se porta acquéreur en 1907 de terrains en vue de l'établissement de la « Station biologique de l'Atlantique » à St. Andrews, et la construction des immeubles débuta en 1909. Cette Station fonctionna de façon surtout saisonnière, juin-septembre, jusqu'au milieu des années 1920, alors que furent engagés les premiers scientifiques à plein temps.

Un laboratoire sur le terrain, la « Sous-station biologique, Ellerslie, Î.-P.-É. », fit ses débuts en 1929. De 1931 à 1933, on la désigna sous le nom de « Station maritime de l'Î.-P.-É. », et de 1934 à 1941, « Station biologique de l'Î.-P.É. ». On utilise depuis ce temps son nom originel.

3(a) Le « Groupe océanographique de l'Atlantique » (GOA) fut administré par la Station biologique de l'Atlantique de 1946 jusqu'au moment de son transfert à Halifax en 1960 et à l'Institut Bedford d'océanographie, Dartmouth, en 1962. Le GOA était l'unité de la côte atlantique (sous la direction de H. B. Hachey) du Comité canadien d'océanographie. En 1965, le GOA fut intégré au Laboratoire d'écologie marine, Dartmouth. (Le Groupe océanographique du Pacifique, l'unité correspondante de la côte ouest, fut établi en même temps [sous la direction de J. P. Tully].)

4. La Station biologique de l'ORP, Nanaïmo, C.-B. 1908–73.

Établie comme Station biologique du Pacifique, Nanaïmo, ses immeubles furent commencés en 1908. Elle fonctionna de façon saisonnière jusqu'en 1920, tout comme la Station biologique de l'Atlantique.

La « Sous-station biologique, lac Cultus », C.-B., fonctionna de 1925 à 1938 et s'occupa de recherches sur le saumon.

La « Sous-station de McClinton Creek », île Graham (près de Masset, C.-B.) poursuivit de 1934 à 1942 des recherches sur le saumon rose.

5. Le Laboratoire d'Halifax de l'ORP, N.-É. 1924–73.

Fondé en 1924 sous le nom de « Station expérimentale des pêches (Atlantique) » à Halifax; on changea son nom en « Station expérimentale des pêches » en 1934, « Station technologique, Halifax » en 1955 et Laboratoire d'Halifax de l'ORP en 1967.

Il eut la responsabilité du « Laboratoire d'Eastern Passage », Halifax, de 1927 à 1936.

Il eut également charge de l'« Unité de technologie de St-Jean », T.-N., de 1949 à 1972.

De 1966 à 1970, il fut responsable du fonctionnement de la station de Grande-Rivière, Québec, désignée sous le nom de « Station technologique », Grande-Rivière.

6. Le Laboratoire de Vancouver de l'ORP, Vancouver, C.-B. 1924–73.

Établi à Prince-Rupert, C.-B., en 1924 sous le nom de « Station expérimentale des pêches (Pacifique) », renommé « Station expérimentale des pêches du Pacifique » (Prince-Rupert), 1934, et déménagé à Vancouver en 1942 sous le nom de « Station expérimentale des pêches du Pacifique » (Vancouver). Par la suite, on le désigna (en 1955) « Station technologique, Vancouver »; (1962) « Laboratoire de technologie de l'ORP »; et (1967) « Laboratoire de Vancouver de l'ORP ». Une partie de son personnel a été détachée et est maintenant à l'Institut de l'environnement du Pacifique (voir 12).

Le Laboratoire de Vancouver administra l'Unité technologique, London, Ontario, de 1964 à 1966.

7. La Station expérimentale des pêches de la Gaspésie, Grande-Rivière, 1936–66.

L'administration en fut transférée en 1966 au Laboratoire d'Halifax, qui en fut responsable à titre de Station technologique jusqu'en 1970, alors qu'elle fut fermée.

8. L'Institut des eaux douces de l'ORP, Winnipeg, Manitoba, 1944–73.

Débuta en partie comme « Station centrale de recherches sur les pêches » à Winnipeg en 1944, laquelle devint la « Station biologique, Winnipeg » en 1955 et la « Station biologique, London », Ontario, de 1957 à 1966.

8(a) En 1955, les recherches sur le contrôle de la lamproie marine des Grands lacs établirent une station temporaire à Sault-Sainte-Marie. En 1957, ceci devient la « Station biologique, London » chargée de faire des recherches sur les Grands lacs, remplaçant la « Station biologique, Winnipeg » et les quartiers-généraux du groupe de contrôle de la lamproie de Sault-Sainte-Marie. Cette station fut responsable du fonctionnement d'une sous-station à la rivière au Foin, T.N.-O., s'occupant du Grand lac des Esclaves; d'une autre au lac Heming; et du contrôle de la lamproie à Sault-Sainte-Marie.

8(b) L'« Unité technologique de London » fut formée en 1955 et partagea ses quartiers avec la Station biologique, London jusqu'en 1966, alors que les deux devinrent le nouvel « Institut des eaux douces de l'ORP » à Winnipeg. De 1964 à 1966, l'administration relevait du Laboratoire de Vancouver.

8(c) La Station expérimentale de contrôle de la lamproie marine à Sault-Sainte-Marie, construite en 1965, recruta son personnel à même celui de la Station biologique, London, durant l'été

de 1965 et, en juillet 1966, fut transférée de l'ORP au ministère (des Pêches et des Forêts).

8(d) Sous la tutelle des Stations biologiques de Winnipeg ou London, les recherches sur les pêches du Nord-Ouest, 1944 devinrent Recherches sur le Grand lac des Esclaves, 1944–47, et Recherches sur le fleuve Mackenzie et le Grand lac de l'Ours.

8(e) De plus, les Recherches sur les pêches de l'Arctique oriental (1947–49) dans la baie d'Ungava devinrent la « Station de biologie de l'Arctique » au cours des années 1960.

8(f) Une Unité des Grands lacs, maintenue à Burlington, Ontario, dans le Centre canadien des eaux intérieures, devint un établissement autonome en 1972.

8(g) Bien que l'Office ne fût pas responsable d'une station en eau douce de 1914 à 1943, il y effectua quand même plusieurs études. Entre autres: Recherches sur les lacs de Jasper, 1925–26, et Recherches sur les provinces des Prairies de 1927 à 1933, utilisant à ces fins un laboratoire de l'Université du Manitoba; aide à certaines recherches de l'Ontario Fisheries Research Laboratory durant les années 1920, recherches qui furent par la suite poursuivies par la Station de Winnipeg. De plus, les Stations de St. Andrews et Nanaïmo effectuèrent des recherches tant sur les poissons dulçaquicoles qu'anadromes dans les lacs de l'est et de l'ouest.

9. La Station biologique de l'ORP, St-Jean, Terre-Neuve, 1949–73.

Établie à partir de la Station des pêches de Terre-Neuve (1930–48) au moment où cette province devint partie du Canada, elle devint un établissement de l'Office en 1949. Elle assuma la responsabilité de l'« Unité technologique de St-Jean » en 1972.

10. La Station biologique de l'Arctique de l'ORP, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, 1955–73.

Cette Station, développée à partir de l'« Unité arctique (Montréal) » en 1955, cette dernière dérivée des Recherches sur les pêches de l'Arctique oriental (voir 8e), devint la « Station biologique de l'Arctique » à Montréal en 1963. En 1965, elle déménagea à Sainte-Anne-de-Bellevue.

11. Laboratoire d'écologie marine de l'ORP, Dartmouth, N.-É., 1965–73.

Anciennement Groupe océanographique de l'Atlantique (voir 3a), cet établissement a ses quartiers à l'Institut Bedford d'océanographie.

12. L'Institut de l'environnement du Pacifique, Vancouver-Ouest, C.-B., 1971–(1973).

Le Groupe océanographique du Pacifique, dont la base était à Nanaïmo de 1946 à 1971, devint partie de cet Institut cette année-là.

13. Laboratoire de biolimnologie des Grands lacs de l'ORP, Burlington, Ontario, 1972–73.

Anciennement Unité des Grands lacs de l'Institut des eaux douces, ce laboratoire devint un établissement indépendant en 1972: ses locaux se trouvent dans le Centre canadien des eaux douces.